This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

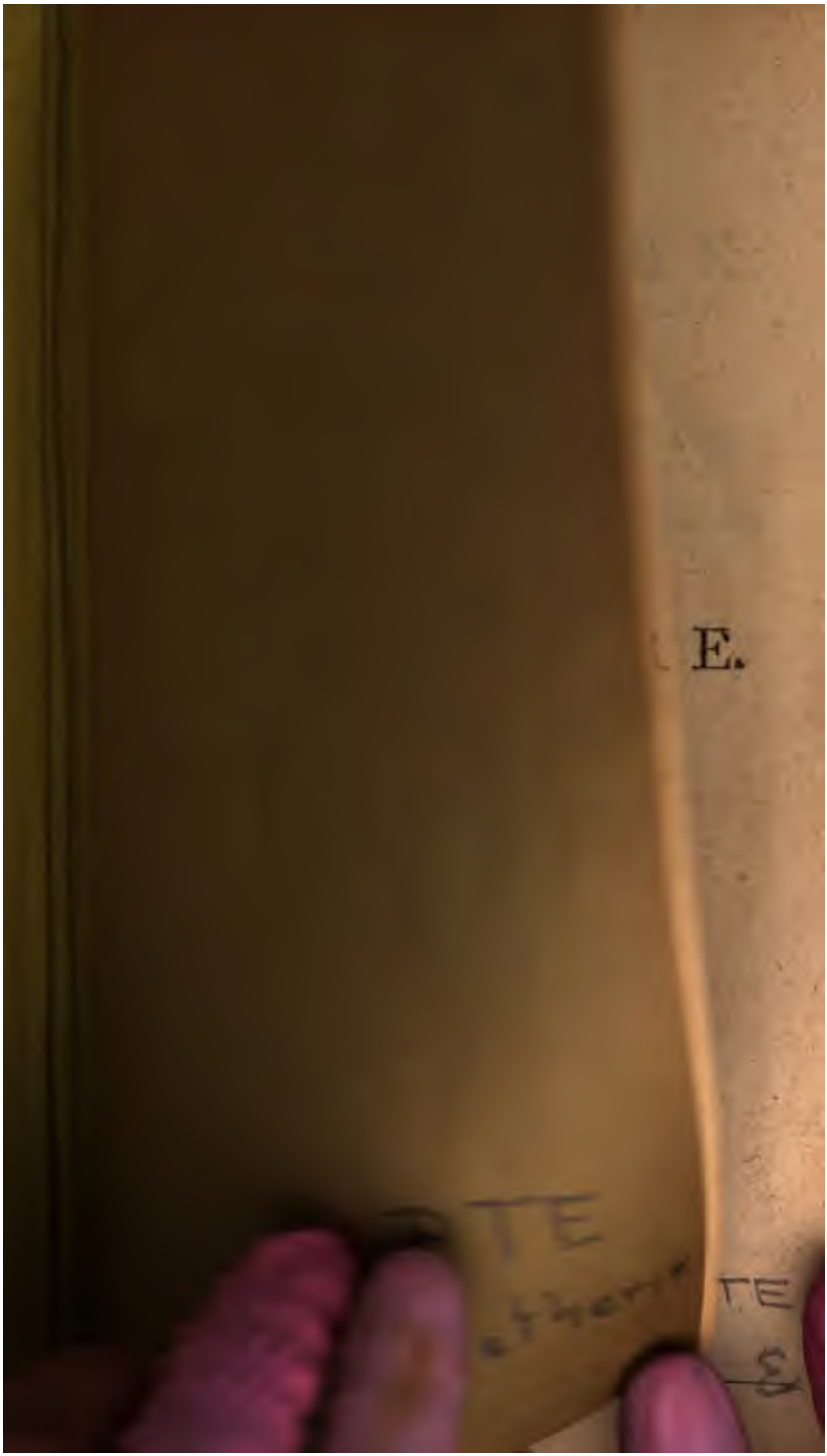
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06908054 1


E.

THÉORIE
DE LA TERRE.

TOME QUATRIÈME.

PTE
92.3

THÉORIE
DE LA TERRE,

PAR

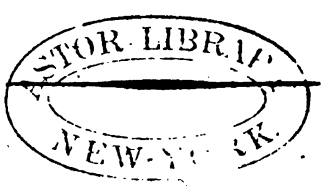
JEAN-CLAUDE DELAMÉTHERIE.

SECONDE ÉDITION, corrigée, et augmentée d'une MINÉRALOGIE.

Sed quibus ille modis conjectus materiaï
Fundarit cœlum ac terram, pontique profunda,
. . . . . ex ordine ponam.

LUCRETIUS, lib. v, vers. 397.

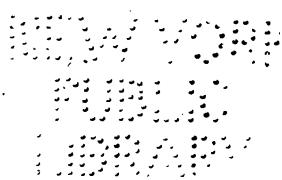
TOME QUATRIÈME.



A PARIS,

Chez MARADAN, Libraire, rue du Cimetière André-des-Arts, n°. 9.

AN V = 1797.



ПОВЕРЕНО
ЦЕНТР
ІРФМ АОВК

TABLE

DU TOME QUATRIÈME.

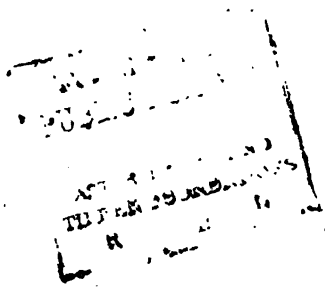
De la cristallisation du globe terrestre. . . . . page 1
De la figure du globe terrestre. 4
De l'homogénéité du globe terrestre, et de sa densité. 11
Des élémens du globe terrestre. 17
De la terre quartzeuse. 25
De la terre argileuse. 35
De la terre calcaire. 41
De la magnésie. 43
De la terre strontianitienne. 44
De la terre circonienne. . . . . *ibid.*
De la terre sidnéienne. . . . . *ibid.*
De la terre barytique. . . . . *ibid.*
Des oxides de fer. 45
Des eaux. 46
De la manière dont les substances minérales cristallisent par le feu. 51
De la cristallisation des substances inflammables pures. 53
De la cristallisation des terres pures. 54
De la cristallisation des sels neutres. 71
De la cristallisation des pierres qui ne contiennent qu'une terre et un acide. 72
De la cristallisation des pierres homogènes, composées d'une ou plusieurs terres, et d'un ou plusieurs acides. 75

De la cristallisation des pierres agrégées, formées de plusieurs autres pierres. . . . . page 84
De la cristallisation des filons métalliques. 104
De la manière dont les filons métalliques ont cristallisé. 120
De la cristallisation de l'antracite et de la plombagine. 134
De la cristallisation des charbons. 136
Des terreins où se trouvent les charbons. 138
Des minéralisateurs des matières bitumineuses. . 141
De la cristallisation des matières bitumineuses. . . 152
De la cristallisation du soufre. 155
De la cristallisation du sel gemme. 159
De la manière dont les différentes substances minérales ont cristallisé dans l'eau. 185
Des causes de la cristallisation des pierres, de l'antracite, du soufre, des charbons, des filons métalliques, et du sel gemme. 196
L'évaporation. . . . . *ibid.*
Le refroidissement. 197
La profondeur de la masse du dissolvant. 199
L'agitation du dissolvant. . . . . *ibid.*
L'excès d'acide. 202
La composition des sels. 204
La décomposition des sels. 209
L'addition d'un sel plus soluble. 211
Des eaux-mères de la cristallisation du globe terrestre. 219
Des eaux minérales. 222
Des volcans et de leurs effets. 230
Des cratères des volcans. 241
Des cavernes volcaniques. 245
Qd'est-ce qui entretient les feux souterrains? . . 246

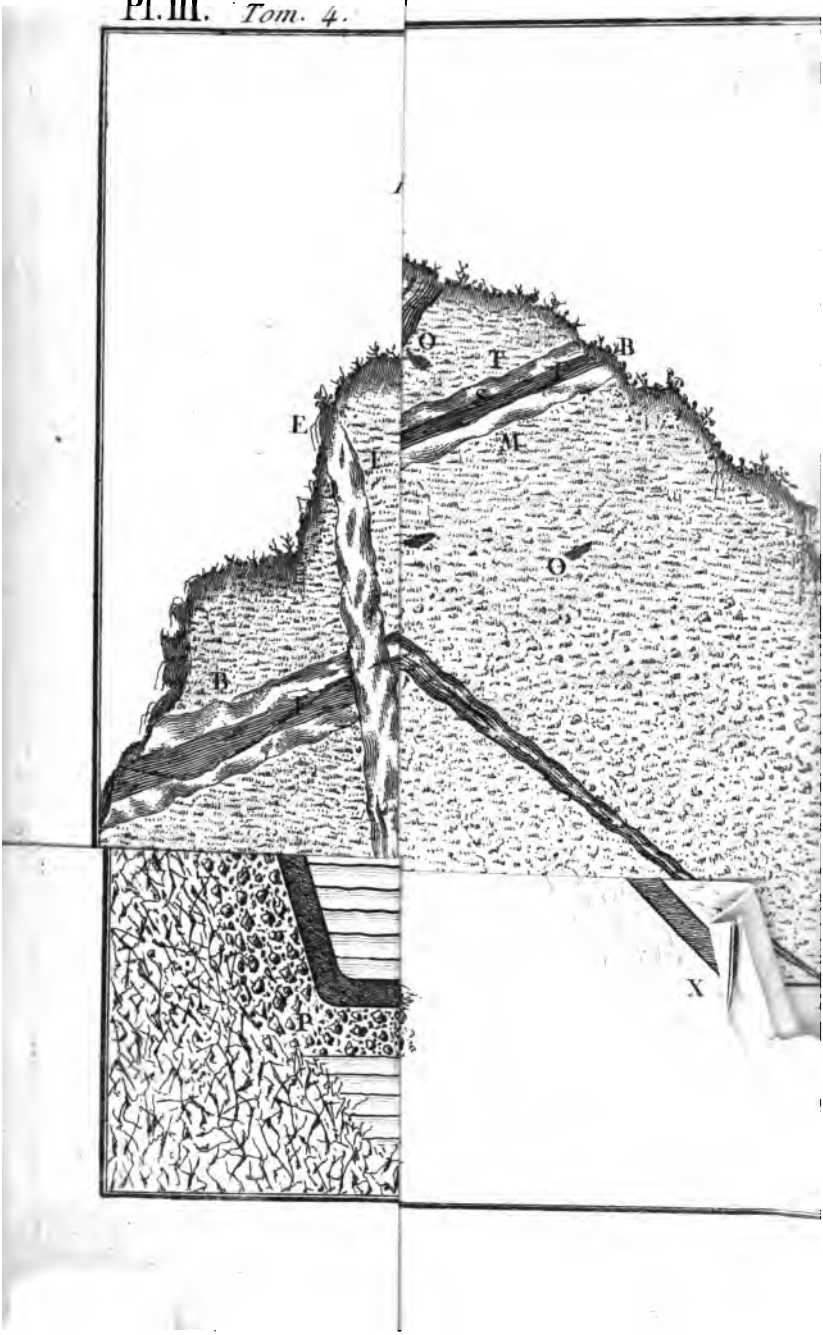
Les bois fossiles, la tourbe et les bitumes, entretiennent-ils le feu de quelques volcans? 249
L'antracite entretient-il le feu de quelques volcans? 253
Les pyrites entretiennent-elles le feu des volcans? *ibid.*
Le soufre entretient-il le feu de quelques volcans? 255
De la nature des pierres volcaniques..... 257
Des terreins où sont situés les volcans..... 259
De la lave prismatique, ou basalte..... 270
De l'activité des feux volcaniques..... 274
Comment les volcans brûlent-ils sans communication avec l'air? 276
Des communications avec l'air..... 282
De la force d'explosion des volcans..... 290
Des tremblemens de terre..... 297
Du soulèvement des montagnes, et de leur affaissement, par l'explosion des volcans..... 303
Des pluies volcaniques..... 307
Des jets d'eaux bouillantes..... 309
De l'électricité des volcans..... 311
Des époques des volcans..... 313
De la partie colorante des terres et des pierres... 316
De la surface de la terre..... 331
Des terreins primitifs et secondaires..... 351
Des chaînes des montagnes..... 369
Des galets et des atterrissemens..... 388
Des sables..... 404
Des masses granitiques éparses sur les couches calcaires..... 416
Des fentes et des cavernes..... 431
De l'affaissement et renversement des montagnes.. 449
De l'origine des fontaines..... 457

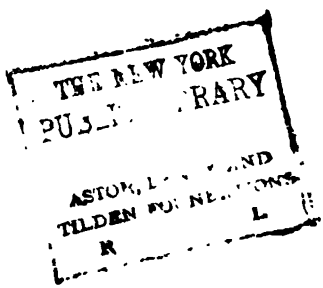
De la quantité d'eau qui tombe sur la surface de la terre. 469
De la quantité d'eau qui s'évapore. 474
De la quantité d'eau que les fleuves versent dans les mers. 479
Du cours des fleuves, et de leurs effets. 488
Des lacs. 495
Des mers. 510
Du mouvement des eaux des mers. 516
De l'effet des courans dans le sein des mers. 531
Des falaises. 535

FIN DE LA TABLE.

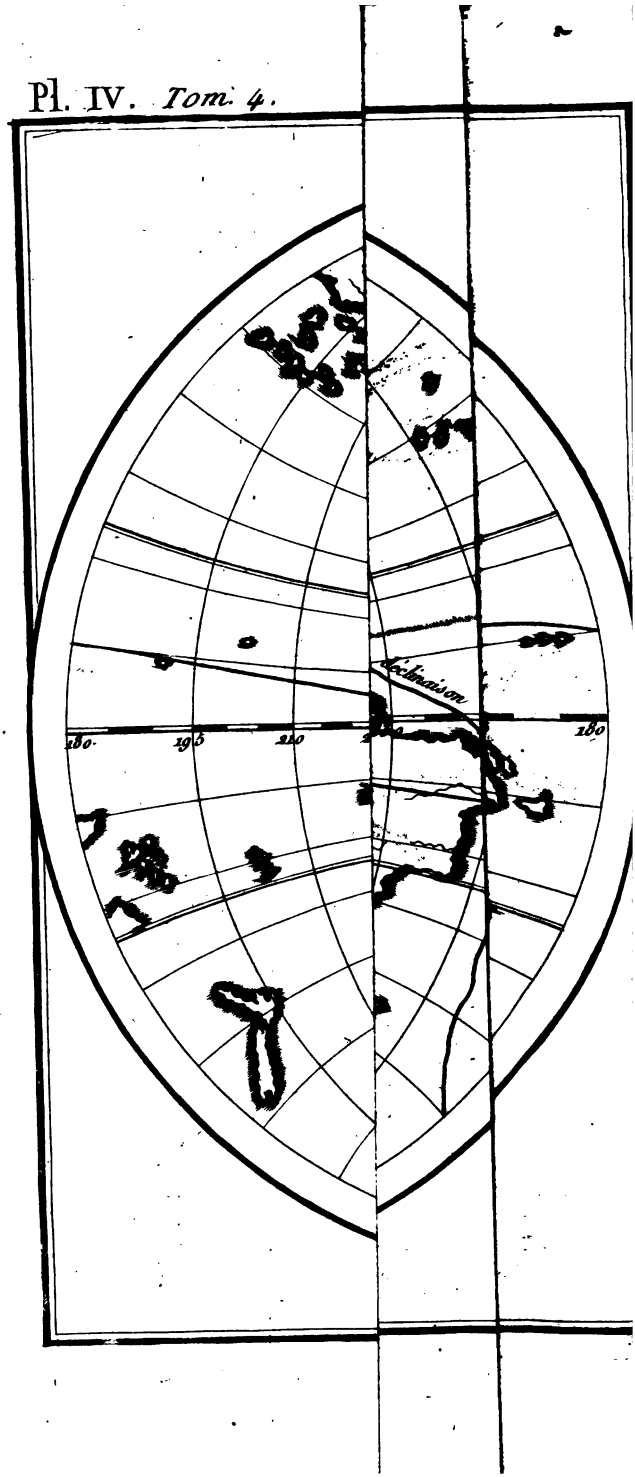


Pl. III. *Tom. 4.*




THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R
L

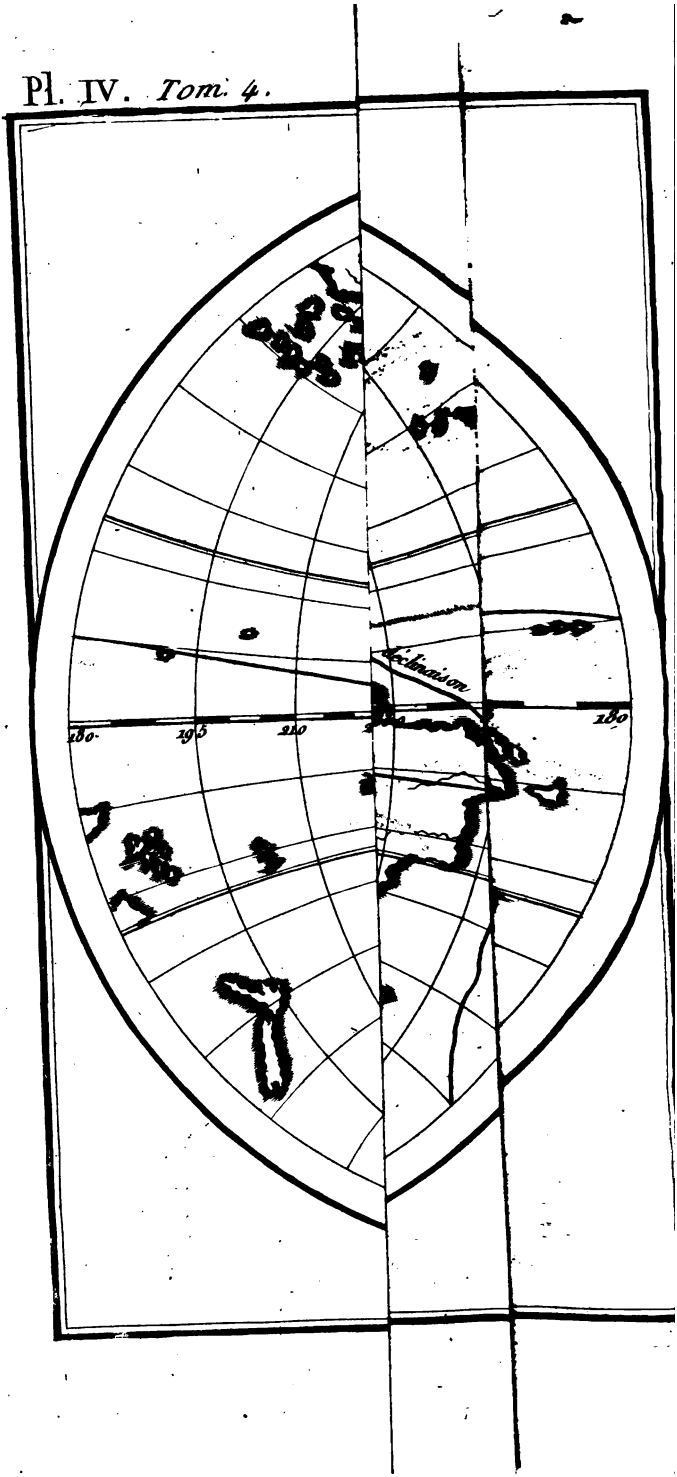
Pl. IV. *Tom. 4.*

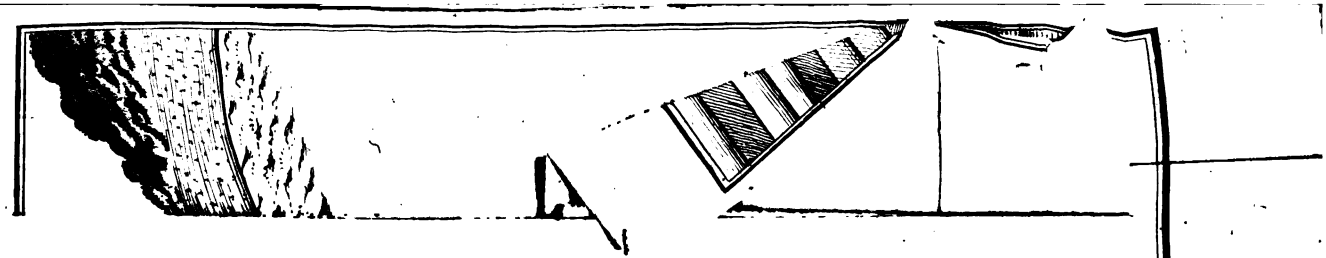


Pl. III. *Tom. 4.*

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R L

Pl. IV. *Tom. 4.*





THÉORIE

DE LA TERRE.

DE LA CRISTALLISATION DU GLOBE TERRESTRE.

§. 834. Toutes les substances minérales sont cristallisées ainsi que nous venons de le voir; les unes le sont d'une manière régulière, les autres d'une manière confuse : le résultat de toutes ces cristallisations particulières a été le globe de la terre.

Cette vue générale ne suffit pas au géologue; il doit entrer dans les détails, pour rendre raison de chaque phénomène. Quelques-uns s'expliquent heureusement par les connoissances acquises; mais plusieurs sont encore enveloppés d'obscurités, qui ne pourront être levées que par les nouveaux faits que nous recueillerons : il en est même sans doute dont les causes échapperont toujours aux hommes.

C'est cette tâche difficile que je vais essayer de remplir, d'après les principes que j'ai déjà exposés. Je dois les rappeler sommairement, parce

qu'ils serviront à entendre les explications particulières des différens phénomènes, que je donnerai. Mais ce ne sera qu'après l'exposition générale des faits que nous pourrons en discuter la théorie, et voir si quelques-uns de ces faits ne contredisent point mon hypothèse.

Je suppose que toute la matière qui compose notre globe a été liquide dans le principe : cette liquidité est indiquée par la forme sphéroïdale de la masse totale, laquelle est entièrement conforme à la théorie des forces centrales (§. 646.).

Cette liquidité étoit aqueuse, c'est-à-dire, opérée par l'eau, et non par le feu.

Les parties les plus pesantes se sont réunies vers le centre du globe, et ont repoussé les plus légères à la surface.

Toutes ces substances ont cristallisé dans le sein des eaux, lesquelles par conséquent couvroient les plus hautes montagnes.

Les eaux se sont retirées;

Les continens ont paru.

Ces continens n'étoient composés que de terreins primitifs.

Les végétaux et les animaux terrestres ont été produits.

Les eaux ont ensuite formé les terreins, dans lesquels les débris des animaux et des végétaux sont amoncelés.

Les eaux ont continué de se retirer, en laissant à découvert ces nouvelles couches.

Voici des faits incontestables.

Ce sont ces faits qu'il faut examiner en détail; savoir :

La cristallisation particulière de chaque substance minérale;

Celle des pierres simples ne contenant qu'une terre et un acide;

Celle des pierres contenant plusieurs terres;

Celle des pierres composées de plusieurs autres pierres;

Celle des substances métalliques minéralisées ou non minéralisées;

Celle des substances bitumineuses, sulfureuses,

Enfin celle des substances salines.

Nous rechercherons ensuite l'origine des débris des êtres organisés, celle des substances inflammables fossiles, celle des feux souterrains, celle des tremblemens de terre.....

Nous tâcherons enfin de découvrir la manière dont toutes ces substances particulières se sont arrangées entre elles pour former les montagnes, les vallées, les plaines.

DE LA FIGURE DU GLOBE TERRESTRE.

§. 835. La figure de la terre est un des points fondamentaux de sa théorie, parce qu'elle suppose sa dissolution totale et sa liquidité.

Les anciens philosophes avoient les notions les plus précises à cet égard : on en a une multitude de preuves. Mais il suffit de parler de la base de la grande pyramide d'Egypte, qui étoit la 400 millième partie d'un grand cercle du globe. Cette pyramide a été construite au moins 907 ans avant l'ère vulgaire, suivant *Diodore de Sicile*, qui prétend même que celles de la haute Egypte remontent à 3362 avant cette ère.

Dans toutes les hypothèses, elles sont bien antérieures à *Eratosthènes*, *Hipparque*, et toute l'école d'*Alexandrie*, que quelques savans veulent regarder comme les premiers qui aient eu des connoissances précises en astronomie.

On a trois moyens de déterminer la figure de la terre ;

La théorie des forces centrales,

La mesure d'arcs du méridien à différentes latitudes,

La longueur du pendule.

§. 836. I. *Newton* rechercha, d'après la théorie des forces centrales, quel devoit être le

rapport de l'axe de la terre, et d'un diamètre de l'équateur ; il supposa toutes les parties de matière s'attirer mutuellement, et que par conséquent toutes les parties du globe pesoient les unes sur les autres : il trouva le rapport des deux diamètres, comme 229 à 230.

Mais *d'Alembert* a ensuite fait voir qu'un globe de même nature pouvoit avoir différentes figures, d'après un mouvement donné de rotation, sans que ses parties cessassent d'être en équilibre.

La Place a prouvé depuis qu'il n'y avoit que deux figures possibles pour un globe qui avoit une masse donnée, en supposant toutes ses parties en équilibre.

Il a trouvé que pour le globe de la terre ces deux figures seroient celles-ci :

a En supposant à la terre un mouvement de rotation sur son axe, tel qu'elle l'a ; savoir de 23 heures 56′ 4″, l'axe du pole est au diamètre de l'équateur comme 1 est à 1,004334487 : ces deux diamètres sont par conséquent à-peu-près dans le rapport de 231 $\frac{7}{10}$ à 230 $\frac{7}{10}$.

Le demi axe est 3260256 toises.

b Mais la terre pourroit avoir une autre figure, sans que ses parties cessassent d'être en équilibre : il seroit possible que la rotation de la terre sur son axe se fît en 2 heures 25′ 17″ $\frac{1}{2}$

Et pour lors le rapport des deux axes seroit comme 1 à $689\frac{519}{1000}$;

C'est-à-dire, que la terre seroit prodigieusement applatie aux poles.

Maupertuis a supposé, avec assez de probabilité, que plusieurs des étoiles que nous voyons disparoître périodiquement, étoient très-applaties. La démonstration de *la Place* rend l'hypothèse de *Maupertuis* encore plus vraisemblable.

§. 837. II. Le second moyen qu'on a pour déterminer la figure de la terre, est de mesurer les arcs d'un méridien à différentes latitudes. Ces mesures, quoique exécutées avec tout le soin possible par des savans du plus grand mérite, n'ont pas donné des résultats exactement uniformes; on a donc été obligé de prendre des termes moyens. Voici les quantités auxquelles on s'arrête aujourd'hui.

	toises.
Degré du méridien sous l'équateur,	56747.
Degré du méridien à 45° de latitude,	57027.
Degré du méridien sous le pole,	57318.

La Condamine calcula, d'après les mesures des arcs du méridien, quel devoit être le rapport des deux axes de la terre. Il trouva que ce rapport devoit être comme 303 à 304.

Il faut observer que le degré du méridien me-

suré en Laponie, sous le cercle polaire, par les académiciens françois, *Maupertuis* et ses collègues, est de 57419 toises. Ce qui supposeroit que la terre est beaucoup plus applatie que ne le donnent les autres mesures des degrés du méridien faites en différens pays; car, suivant cette mesure, le diamètre de rotation, ou l'axe, est plus court que celui de l'équateur d'environ $\frac{1}{178}$: c'est-à-dire, que l'axe et l'équateur sont dans le rapport de 177 à 178.

Aujourd'hui tous les géomètres supposent qu'il y a eu erreur dans la mesure du degré faite en Laponie. *Boscovich* estime que cette erreur est de 167 toises; en sorte que le degré du méridien sous le cercle polaire, est de 57252 toises.

Il est cependant à remarquer, que le résultat de *Maupertuis* et de ses collègues se rapporte avec celui que donne le pendule.

§. 838. III. Le pendule peut aussi servir à déterminer la figure de la terre. Car il est certain que plus le point où on fait l'observation est éloigné du centre de la terre, plus la verge du pendule doit être courte. Les observateurs ont déterminé la longueur de la verge du pendule à secondes sous les différentes latitudes; elle est,

Sous l'équateur,	36 pouc.	7,21 lig.
A la latitude de 45°,	36	8,35.

Sous le cercle polaire,	36 pouc.	9,09 lig.
Sous le pole,	36	9,41.
A la latitude de Paris,	36	8,67.

La différence entre la longueur du pendule sous l'équateur, et celle à la latitude de Paris, est de 1,46 lignes, dont 0,86 pour la force centrifuge, et 0,60 pour l'effet de l'applatissement de la terre.

Car il y a deux élémens qui influent sur la longueur du pendule :

1°. L'exhaussement de la terre sous l'équateur; d'où il s'ensuit qu'un point de sa surface y est plus éloigné du centre;

2°. La force centrifuge, qui est considérable sous l'équateur, et va en diminuant jusqu'aux poles, où elle est nulle.

On a calculé quelle devoit être la figure de la terre, d'après ces différentes déterminations de la longueur de la verge du pendule.

En partant de la mesure du pendule, prise à 67° de latitude, par *Maupertuis*, on a trouvé le rapport des deux axes comme 180 à 181.

Lyons, à la latitude de 79° 50′, au Spitzberg, a trouvé la longueur de la verge du pendule 36 pouces 9,40 lignes; d'où on a conclu le rapport des axes comme 184 à 185.

Ce résultat diffère peu de celui de 177 à 178 que donne la mesure du méridien, faite sous le

cercle polaire, par *Maupertuis* et ses collègues.

« Les observations du pendule simple, dit *La-*
»*lande* (*Astronomie, n° 3764*), donnent une
»quantité beaucoup plus forte pour les pesan-
»teurs, qui seroit aussi l'applatissement de la terre,
»si elle étoit homogène. Et *Newton* avoit déjà
»remarqué que ces observations donnoient un
»applatissement plus fort qu'un $\frac{1}{230}$. Je trouve en
»effet $\frac{1}{181}$ par l'observation de *Maupertuis* en
»Laponie, et $\frac{1}{185}$ par celle de *Lyons* au Spitz-
»berg ».

§. 839. Les trois données que nous avons pour déterminer la figure de la terre, donnent donc des rapports différens.

La théorie des forces centrales donne 230 à 231.
Le pendule donne 184 à 185.
Les arcs du méridien donnent 303 à 304.

Les géomètres anglais, suivant les données de *Newton*, de 229 à 230.

Les géomètres français s'en tiennent aujourd'hui à la dernière estimation, celle de *la Condamine*; et ils supposent que la terre est applatie aux poles d'environ une trois-centième partie de son rayon.

Mais ils ont conclu, des observations du pendule, que la terre n'étoit pas homogène, c'est-

à-dire que sa densité moyenne n'étoit pas partout la même.

Si on s'en tenoit à l'estimation que donne la longueur du pendule, il s'ensuivroit que la rotation du globe, lors de sa formation, étoit beaucoup plus rapide qu'elle n'est aujourd'hui, et par conséquent les jours plus courts.

§. 840. TOUTES ces données sur la figure de la terre font voir qu'elle n'est pas parfaitement régulière. « Nous pouvons conclure, dit *la Place*, » que l'hypothèse d'une figure elliptique ne peut » pas se concilier avec les observations de la me» sure des degrés terrestres, et que la terre s'é» carte sensiblement de cette figure. De plus, il » est fort probable qu'elle n'est pas formée de » deux parties semblables de chaque côté de l'é» quateur; car le degré mesuré au cap de Bonne» Espérance (il est de 57037 toises à la latitude de » 33° 18″) est presque égal à celui de Paris (lati» tude 49° 23′, où le degré est 57094), quoique » les latitudes de ces deux lieux soient bien diffé» rentes; et il surpasse de 149 toises le degré de » Pensylvanie (celui-ci est de 56888 toises à la la» titude de 39° 12′; suivant la théorie, il devroit » être de 57028 toises), qui cependant est plus » voisin du pole d'environ six degrés. Ce qui sem» ble indiquer que la terre est plus applatie vers

»le pole austral que vers le pole boréal. On peut »même soupçonner, d'après ces mesures, que la »terre n'est pas un solide de révolution. Mais les »erreurs dont elles sont susceptibles, ne per»mettent pas de prononcer sur cet objet». (*Mém. de l'Acad. de Paris, 1783, page 22.*)

D'après ces mêmes données il conclut, dans son ouvrage sur l'exposition du système du monde, « qu'un méridien terrestre pourroit bien être une »courbe à double courbure». (*Tome I, p. 106.*)

Les autres géomètres ont mieux aimé rejeter ces différences sur les inexactitudes des mesures des différens arcs du méridien, et ils supposent la figure de la terre à-peu-près régulière.

DE L'HOMOGÉNÉITÉ DU GLOBE TERRESTRE, ET DE SA DENSITÉ.

§. 841. Les substances que nous connoissons à la surface du globe ne sont point homogènes; ce sont des granits, des porphyres, des kneis, des pierres magnésiennes, des schistes, des pierres calcaires, des matières bitumineuses, des substances métalliques.... différemment mélangées.

Mais l'intérieur de la terre est-il composé des mêmes matières? c'est une question à laquelle il nous est impossible de répondre autrement que par des analogies éloignées.

Il sembleroit que les corps les plus pesans ont dû se précipiter les premiers ; et cette opinion, fondée sur les principes de physique, est appuyée par quelques faits, comme nous allons le voir.

Pour parvenir à déterminer la densité de la masse du globe, il faudroit avoir la densité moyenne des substances qui le composent; et nous ne pouvons avoir que celle des corps qui sont à sa surface, et seulement dans les petites profondeurs où nous avons pénétré. Nous avons vu les rapports de ces densités, ou pesanteurs spécifiques : je vais rappeller celles des principales substances qui forment des grandes masses.

Eau,	10000.
Granit,	27500.
Porphyre,	27500.
Kneis,	27000.
Calcaire primitif,	27500.
Calcaire secondaire,	23500.
Gypse,	23000.
Basalte,	28000.
Bitumes,	13000.
Substances métalliques minéralisées,	60000.

Mais toutes ces substances sont en différentes quantités à la surface de la terre, et dans les endroits où nous sommes descendus. On ne peut donc estimer leur densité moyenne que par approximation.

En n'ayant pas égard à la masse d'eau, j'estimerai la densité moyenne des autres substances à 30000.

§. 842. Les géomètres ont recherché si la densité du globe étoit homogène. Ils ont employé la longueur de la verge du pendule pour la déterminer. Car il est certain que si, sous le même parallèle, mais à différentes longitudes, la densité du globe n'étoit pas la même, la longueur de la verge du pendule y varieroit. Supposons que les couches du globe sous Venise eussent une densité différente que sous Pékin, il est sûr que la verge du pendule n'y auroit point la même longueur. Or, cependant, on n'y a point observé de différence sensible. D'où on a conclu que la densité moyenne du globe étoit *à-peu-près* homogène à la même latitude.

§. 843. Mais cette densité souffre des variations à différentes latitudes, puisque le pendule est plus long aux poles qu'il ne devroit être d'après la théorie des forces centrales, et la mesure des différens arcs du méridien, comme nous l'avons vu; on en conclut que la densité de la terre y est plus grande. Il paroîtroit donc, d'après cette mesure, que la densité va en diminuant depuis les poles jusqu'à l'équateur.

Les calculs qu'on a faits sur la précession des équinoxes, ainsi que sur la rotation de la terre, prouvent également qu'elle n'est point homogène, et que sa densité éprouve des variations. Mais il faut attendre de nouvelles observations, pour avoir des résultats plus exacts.

§. 844. D'AUTRES données ont fait croire que cette densité étoit plus considérable à l'intérieur du globe qu'à sa surface, ce qui paroît assez conforme aux loix de la gravité.

Les grandes montagnes dévient le fil-à-plomb, comme l'on sait. *Bouguer* a reconnu que Chimboraco y causoit une déviation sensible. Lorsqu'il prenoit la hauteur des étoiles à 1753 toises de la montagne, il la trouvoit toujours différente; elle étoit trop grande de 8″ lorsqu'il opéroit au midi, et trop petite de 8″ lorsqu'il opéroit au nord; au lieu que ces hauteurs n'étoient pas affectées, s'il opéroit à 4572 toises de la montagne.

Maskeline a également prouvé que la montagne de Schehallien en Ecosse dévioit le fil-à-plomb de 5″ 8.

On a ensuite calculé la masse de ces montagnes. On a trouvé que Chimboraco est 7400000000 plus petite que laterre; mais quand on est placé à 1800 toises de son centre, c'est-à-dire, 1800 fois plus près de ce centre que de celui de la terre,

son attraction devroit être $\frac{1}{2000}$ de celle de la terre : ainsi elle auroit dû produire 13 fois plus d'effet. Il est vrai que Chimboraco ayant été un volcan, doit renfermer des cavités, et que les matières dont il est composé ayant été en partie calcinées, ont peu de densité : mais la différence ne seroit pas aussi grande.

Le résultat de ces calculs a fait conclure à *Boscovich*, qu'au centre du globe étoit un noyau sphérique, également dense *jusqu'à quelques lieues de sa surface.*

Car, dit *la Place* d'après cette hypothèse, si la terre dans son intérieur étoit composée de parties aussi hétérogènes qu'à sa surface, elles y seroient très-probablement rangées aussi irrégulièrement ; et la loi de la pesanteur, loin d'être à-peu-près uniforme de l'équateur aux poles, comme elle l'est, seroit assujettie à des irrégularités très-sensibles.

§. 845. On a cherché à déterminer par approximation cette densité moyenne de ce noyau : on a pris la densité des montagnes. On sait quelle est leur action pour dévier le fil-à-plomb, et quel est leur volume par rapport à celui de la terre.

Nous venons de voir que l'action de Chimboraco est 13 fois moins considérable qu'elle ne devroit

être, si sa densité étoit égale à celle de la terre. Il est vrai qu'on peut supposer qu'elle a des cavités, et que les substances dont elle est composée ont moins de densité que celle des autres montagnes; néanmoins cela seroit encore insuffisant.

On a donc, par des approximations, supposé que la densité moyenne du noyau de la terre étoit plus considérable que celle des montagnes; on l'a supposée 4 fois et demie plus grande que celle de l'eau : elle seroit par conséquent environ un tiers plus considérable que celle des couches extérieures que nous avons vue, treize fois plus grande que celle de l'eau.

§. 846. Mais je pense qu'il ne faut pas s'écarter de la première opinion, que les couches intérieures du globe augmentent de densité à mesure qu'elles s'approchent du centre de la terre, et qu'elles sont composées d'une manière à-peu-près uniforme comme à sa surface, les plus légères et les plus pesantes se compensant mutuellement.

Mais tous ces résultats sont des *à-peu-près* qui exigent de nouvelles recherches.

Nous avons vu, en parlant du magnétisme, que l'intérieur de la terre contient beaucoup de fer ou d'aimant, lesquels ont une assez grande pesanteur : il est vraisemblable qu'ils composent une grande partie de l'intérieur du globe.

§. 847. En supposant l'applatissement du globe d'un trois-centième, ses deux rayons seront 3262237 toises, et 3273148 toises.

D'où il suit que la solidité de la terre est de 1230320000 lieues cubiques, la lieue étant de 2283 toises;

Sa surface est de 25772900 lieues quarrées;

Et sa pesanteur, en la supposant 4 fois et demie plus dense qu'un égal volume d'eau, sera égale à 9959364,000,000,000,000,000,000 livres, c'est-à-dire, près de 10 septillions de livres.

DES ÉLÉMENS DES CORPS TERRESTRES.

§. 848. Tous les faits que nous avons vus jusques ici, prouvent que le nombre des substances qui entrent dans la composition des corps terrestres, est très-considérable. Ces substances sont:

1°. L'éther ou fluide gravifique,
2°. Le fluide lumineux,
3°. La matière de la chaleur ou calorique,
4°. Le fluide électrique,
5°. Le fluide magnétique,
6°. L'air pur,
7°. L'air impur ou azote,
8°. L'air inflammable ou gaz hydrogène,
9°. L'eau,

10°. Le carbone,
11°. Le soufre,
12°. Le phosphore,
13°. Le platine,
14°. L'or,
15°. L'argent,
16°. Le mercure,
17°. Le cuivre,
18°. Le fer,
19°. Le plomb,
20°. L'étain,
21°. Le zinc,
22°. L'antimoine,
23°. Le bismuth,
24°. L'arsenic,
25°. Le cobalt,
26°. Le nikel,
27°. Le manganèse,
28°. Le tunstène,
29°. Le molybdène,
30°. L'uranit,
31°. Le titanium,
32°. La terre barytique,
33°. La terre calcaire,
34°. La terre magnésienne,
35°. La terre argileuse,
36°. La terre quartzeuse,
37°. La terre circonienne,

38°. La terre strontianitienne,

39°. La terre sidneïenne.

§. 849. Mais chacune de ces substances peut-elle être regardée comme simple ?

Ou est-elle composée ?

La chimie ne peut pas encore répondre d'une manière positive à ces questions. Ainsi on ne doit pas être surpris qu'il y ait différentes opinions sur cet objet. Je vais exposer d'une manière très-succincte ce qu'on peut dire de plus vraisemblable à cet égard, d'après nos connoissances actuelles.

1°. L'éther ou fluide gravifique. Nous n'avons aucune connoissance sur sa nature, puisque son existence n'est pas même encore prouvée physiquement (§. 800).

2°. Le fluide lumineux. Nous avons dit ailleurs ce que nous en savons jusqu'à ce moment (§. 780).

3°. La matière de la chaleur. Nous renvoyons également à ce que nous en avons dit (§. 737).

4°. Le fluide électrique. (*Voyez* §. 673.)

5°. Le fluide magnétique. (*Voyez* §. 691.)

6°. L'air pur,

7°. L'air impur,

8°. L'air inflammable.

Je crois que ces trois airs ne sont qu'une seule et même espèce différemment modifiée (1).

(1) Essai sur l'Air pur.

9°. L'eau. Plusieurs chimistes croient qu'elle est composée d'air pur ou oxygène, et d'air inflammable ou gaz hydrogène. Cette doctrine est appuyée sur quelques belles expériences, qui néanmoins ne me paroissent pas, ainsi qu'à plusieurs autres physiciens, satisfaire à toutes les objections qu'on a faites contre cette opinion.

10°. Le carbonne ou plombagin,

11°. Le soufre,

12°. Le phosphore,

13°. à 31°. Les dix-neuf substances métalliques.

Ces vingt-deux substances, auxquelles il faudra peut-être ajouter le diamant, brûlent avec l'air pur ou oxygène, à des températures plus ou moins élevées; elles perdent de leur principe inflammable, et se changent en acides lorsqu'elles se combinent avec une très-grande quantité d'air pur ou d'oxygène, et une quantité plus ou moins grande de calorique.

Si elles ne se combinent pas avec assez d'oxygène et de calorique, elles donnent les oxides métalliques, qui ne sont plus combustibles, mais qui ne sont pas acides.

Toutes ces substances sont regardées comme des êtres simples, par plusieurs savans.

Mais je ne crois pas que cette opinion soit fondée. Nous voyons journellement le soufre, le phos-

phore, se former chez les végétaux et les animaux. On en peut dire autant du charbon, du fer, du manganèse..... (1).

32°. La terre pesante ou baryte,
33°. La terre magnésienne ou magnésie,
34°. La terre calcaire ou calce,
35°. La terre argileuse ou alumine,
36°. La terre quartzeuse ou silice,
37°. La terre circonienne,
38°. La terre strontianitienne,
39°. La terre sidneïenne.

§. 850. RIEN ne pourroit plus avancer nos connoissances en géologie et en minéralogie, que des notions exactes sur la nature des terres : mais l'analyse ne nous a encore donné que de légers apperçus à cet égard.

N'y a-t-il qu'une terre primitive, dont toutes les autres seroient des modifications, comme l'ont cru plusieurs savans chimistes ?

Ou chacune de ces terres est-elle un être élémentaire particulier, un être simple, comme le soutiennent plusieurs savans ?

Ou toutes ces terres sont-elles des êtres composés ?

La chimie ne peut encore résoudre ces pro-

(1) Essai sur l'Air pur.

blêmes difficiles; et nous n'avons que des analogies éloignées à présenter.

Nous savons que les forces de la végétation peuvent produire toutes ces différentes espèces de terre, puisque, comme nous l'avons vu, on retire des végétaux, de la terre calcaire, de la terre magnésienne, de la terre argileuse, de la terre quartzeuse, et peut-être de la terre pesante.

Ces mêmes terres se retrouvent chez les animaux, où elles sont également produites.

Il paroît donc que toutes ces terres peuvent être produites par les forces vitales, chez les êtres organisés.

Dès-lors on ne sauroit les regarder comme des êtres simples.

§. 851. C'EST à-peu-près à quoi se bornent nos connoissances sur ces objets.

Ces apperçus sont confirmés par d'autres analogies.

La terre calcaire a un grand nombre de propriétés des alkalis. Ceux-ci sont produits comme elle, par l'action des forces vitales chez les végétaux et les animaux; ils sont composés de différens airs, du calorique..... L'analogie pourroit donc faire croire que la terre calcaire est formée à-peu-près des mêmes principes.

On en peut dire autant de la magnésie, qui a

également beaucoup de rapports avec les alkalis.

La terre argileuse est en partie soluble dans l'eau, ce qui est un rapport avec les autres terres.

La terre quartzeuse est produite en grande quantité chez les végétaux, et elle a beaucoup de qualités des autres terres.

Peut-être y a-t-il aussi de ces terres formées dans les nitrières et dans les terres végétales, de la même manière que s'y produisent toutes les substances salines. Il y a long-temps que j'ai dit que la grande quantité de magnésie qu'on trouve dans les eaux mères du nitre, me fait soupçonner qu'il y a une nouvelle production de cette terre dans les nitrières.

Nous ne connoissons point les procédés de la nature pour la formation de toutes ces terres. Celles des terreins primitifs ont été formées avant la cristallisation du globe; mais celles qui l'ont été postérieurement par l'action des forces vitales chez les êtres organisés, doivent l'être à-peu-près des mêmes principes que les substances salines, avec lesquelles elles ont un si grand nombre d'analogies.

On en doit dire autant des substances métalliques, du soufre, du phosphore, du carbone, également produits par les forces vitales chez les êtres organisés.

§. 852. Toutes ces substances, savoir les huit terres, les dix-neuf substances métalliques, le soufre, le phosphore et le carbone, sont donc des substances composées, qui se forment journellement, et doivent par conséquent également se décomposer.

Les principes dont ces substances sont composées, paroissent être les différentes espèces d'air, la matière de la chaleur, le fluide lumineux, le fluide électrique, le fluide magnétique, peut-être le fluide éthéré et l'eau.

Mais ces neuf dernières substances sont-elles elles-mêmes composées? Il n'est pas douteux qu'elles le sont des premiers élémens de matières, des atomes premiers dont nous avons parlé (§. 601).

Il reste à savoir si elles se composent journellement, et se décomposent comme les terres et les substances inflammables. Il seroit difficile d'avoir des faits qui pussent motiver une opinion à cet égard.

§. 853. Nous devons tirer de tous ces faits deux conséquences intéressantes:

a Que toutes celles de ces substances qui ont été formées avant la cristallisation du globe, l'ont été des mêmes principes dont le sont celles qui se forment journellement;

b Que la production nouvelle de plusieurs de ces substances, postérieurement à la formation du globe, doit en augmenter la masse, puisqu'il s'y combine des portions plus ou moins considérables des grands fluides de l'univers, le fluide lumineux, le fluide éthéré, le calorique, le fluide électrique, le fluide magnétique.....

Mais sans entrer dans de plus grands détails sur la nature de toutes ces substances, examinons-les telles que la nature les emploie.

De la terre quartzeuse.

§. 854. La terre quartzeuse ne se rencontre point en masse dans la nature, sous forme terreuse. Pour l'obtenir, on prend du quartz très-pur, qu'on réduit en poudre; on fond cette poudre avec de l'alkali, et on fait du verre.

Si on ne met qu'une certaine quantité d'alkali, par exemple, moitié du poids du quartz, on a un verre solide, et plus ou moins dur.

Mais si on y ajoute une plus grande quantité d'alkali, par exemple, trois ou quatre parties contre une de quartz, on a un *verre déliquescent*, et qui se dissout dans l'eau : c'est ce qu'on appelle mal-à-propos *liqueur des cailloux, liquor silicum.* Je lui donne le nom de *verre déliquescent.*

Si ce verre est un peu moins liquide, il forme

une gelée blanche et transparente, qui se tient suspendue dans l'eau sous forme floconneuse.

Dans l'instant de la fusion, la matière se boursouffle, et il se dégage beaucoup de fluide aériforme : ce qui m'avoit fait dire depuis long-temps que le quartz contenoit un acide aériforme quelconque.

Dolomieu a cherché à recueillir ce fluide ; il a fait du verre dans une cornue avec l'appareil pneumato-chimique ; il a employé du quartz très-pur, et de l'alkali caustique ou pierre à cautère, également pur (1).

Au premier coup de feu, l'air des vaisseaux a passé dans l'appareil.

Il s'est ensuite dégagé un air composé d'air inflammable, d'air impur, et d'une petite portion d'acide carbonique.

Enfin, les dernières parties d'air qui ont passé, étoient composées de 0,75 d'acide carbonique, et d'une petite portion d'air inflammable ; le reste étoit de l'air impur.

Voilà donc trois espèces d'air obtenues, 1°. de l'air inflammable, 2°. de l'air impur ou azote, 3°. de l'acide carbonique.

La question qui se présente est de savoir si ces airs viennent de l'alkali ou du quartz.

---

(1) Journ. de Phys. mai 1792, page 377.

Il est certain, comme nous l'avons vu par l'expérience, que le quartz contient des airs, puisqu'il bouillonne lorsqu'on le fond seul.

Ces fluides ne contiennent point d'air inflammable; autrement il se seroit enflammé.

Je suppose donc que dans la formation du verre, une portion de l'alkali fixe se décompose et donne cet air inflammable et cet air impur : ce sont les principes de l'alkali volatil; et on sait que les alkalis fixes passent à l'état d'alkali volatil. Nous pouvons donc supposer qu'ils contiennent les mêmes airs.

Mais l'acide carbonique me paroît provenir du quartz. Car *Dolomieu* avoit employé de l'alkali très-caustique, préparé par *Pelletier;* et la grande quantité d'acide carbonique obtenu n'auroit pu provenir de la petite portion d'alkali, qui n'auroit pas été parfaitement caustique; d'ailleurs, la plus grande partie de cet acide aérien a passé à la fin de cette opération.

Si on verse de l'acide pur dans le verre déliquescent, il s'empare de l'alkali, et il se forme un précipité blanc, qui est la terre quartzeuse pure.

En continuant d'ajouter de l'acide, la terre quartzeuse est dissoute par cet acide, et elle disparoît de nouveau. *Pott* est un des premiers qui ait observé ce phénomène. Voici l'explication

qu'il en donne. « La terre précipitée, de vitrifiable » et insoluble par les acides qu'elle étoit auparavant, est devenue alkaline ; car elle se dissout » dans les acides ». (*Lithog. tom. I, pag. 174.*)

§. 855. Tous les acides, même les plus foibles, tel que celui du vinaigre, dissolvent cette terre quartzeuse.

L'acide carbonique étant un acide, la dissout également. *Bergman* l'avoit déjà soupçonné ; car en parlant des terres géoponiques, il a dit : *Vero etiam non dissimile est acidum aereum, si diu supra terra silicea commoratur, in ea solvenda quidquam valere, tunc saltem si aliæ terræ, calcarea nempe vel argilacea, simul adsunt, quæ acidum aereum avide absorbent.* (Opuscul. tom. V, pag. 83.)

Si on neutralise une seconde fois ces acides par un alkali, le précipité reparoîtra, c'est-à-dire, que la terre quartzeuse sera dégagée de nouveau.

Mais en employant l'alkali caustique, et le mettant en excès, cet alkali redissoudra la terre quartzeuse précipitée, et la liqueur deviendra transparente.

L'alkali aéré, ou combiné avec l'acide carbonique, ne produira point le même effet, parce que son acide se combine avec la terre quartzeuse, et forme du quartz.

Je suppose donc que la terre quartzeuse, si soluble par tous les acides, l'est également par l'acide carbonique.

Le quartz ne sera donc que la terre quartzeuse combinée avec l'acide carbonique, et à laquelle se seront jointes quelques portions de terre calcaire, d'oxide de fer, et peut-être de terre argileuse.

Le quartz est attaqué et dissous par un excès d'acide carbonique; du fer qu'on fait rouiller sur du quartz, le corrode et le dissout.

Les eaux de Valz, qui sont surchargées d'acide carbonique, sortent d'un rocher quartzeux. Toute la partie supérieure de la grotte qui est exposée aux vapeurs de cet acide qui se dégage, est corrodée, dissoute, et prend l'aspect d'une terre molle et ferrugineuse : c'est un fait qui m'a été confirmé par *Faujas*.

Tous ces faits ne laissent point de doute que la terre quartzeuse ne soit soluble dans l'acide carbonique, et que le quartz ne soit que le produit de cette cristallisation, qui est confuse dans le quartz proprement dit, et régulière dans le quartz cristallisé, ou cristal de roche.

La terre dégagée du verre déliquescent, laquelle est soluble dans les acides, ainsi que dans les alkalis caustiques, sera donc la *terre quartzeuse pure*, la *terre quartzeuse caustique*. Ce

dernier nom lui a été donné parce qu'il est possible qu'elle contienne, ainsi que la chaux caustique, la matière de la chaleur, l'*acidum pingue;* je préférerai lui donner le nom de terre quartzeuse, pour la distinguer du quartz, qui est un sel formé de cette terre et d'un acide. Le mot *silice* me paroît moins propre, parce qu'il paroît indiquer la terre du silex.

Cette terre quartzeuse est en partie soluble dans l'eau, comme les autres terres, et s'y tient suspendue. Si en précipitant le verre déliquescent, on procède lentement, on verra la terre quartzeuse demeurer suspendue dans la liqueur, sous forme floconneuse.

§. 856. La nature nous offre souvent la terre quartzeuse tenue en dissolution par l'eau; mais c'est ordinairement par l'intermède d'une autre substance.

Les eaux chaudes jaillissantes d'Islande tiennent de la terre quartzeuse en dissolution; et en se refroidissant, elles la laissent déposer sur les lieux où elles tombent. On ignoroit l'agent qui tenoit cette terre ainsi dissoute. *Black* a analysé ces eaux, et a fait voir qu'elles contenoient un véritable verre déliquescent; il a fait ses expériences sur les eaux de Ruikum et sur celles de Geyser, deux des principaux jets.

Dix mille grains d'eau de Ruikum lui ont donné

Gaz hépatique,	une petite portion.
Natron caustique,	0,95.
Alumine,	0,05.
Terre quartzeuse,	3,72.
Sel marin,	2,90.
Sel de Glauber,	1,28.

Dix mille grains d'eau de Geyser lui ont donné

Gaz hépatique,	une petite portion.
Natron caustique,	0,95.
Alumine,	0,48.
Terre quartzeuse,	5,40.
Sel marin,	2,46.
Sel de Glauber,	1,46.

On peut supposer deux choses. Ou,

1°. Ce verre déliquescent a été formé dans le foyer du volcan, par du natron et de la terre quartzeuse, qui s'y sont rencontrés et ont été fondus; de l'eau dissolvant ensuite ce verre, l'entraîne avec elle, et va former ces jets d'eaux bouillantes:

2°. Ou ce verre auroit été fait par la voie humide. Supposons de la terre quartzeuse dans l'état où elle se trouve lorsquelle a été précipitée du verre déliquescent par un alkali caustique, et qu'elle ait été rencontrée par du natron caus-

tique : ces deux substances se seront combinées.

L'eau chaude de Lu, dans le Mont-Ferrat, contient également de la terre quartzeuse en dissolution, avec de la terre calcaire et du gaz hépatique. (*Mém. de l'acad. de Turin, 1788.*)

Nous avons vu que le leucite, l'aluminite.... contiennent beaucoup de potasse.

La terre quartzeuse peut être tenue en dissolution par des eaux froides, c'est-à-dire, qui n'ont pas un degré de chaleur supérieure à la température ordinaire : c'est ce que prouve un grand nombre de faits.

On voit se former journellement des agathes dans les terreins volcaniques. Il est même des physiciens qui prétendent que les agathes mousseuses contiennent de vraies plantes.

On trouve dans les couches calcaires coquillières plusieurs coquilles changées en agathes ou silex.

On trouve également dans ces couches des cristaux de quartz. Souvent les chambres des cornes d'ammon contiennent du quartz cristallisé : il y a aussi des géodes dans des agathes où le quartz est cristallisé... Le marbre de Carare contient des cristaux de quartz... les bois fossiles en contiennent également.

Or, tous ces effets n'ont pu s'opérer qu'à une

époque où les eaux n'avoient guère plus de chaleur qu'aujourd'hui, puisque les animaux y vivoient. Il est même vraisemblable que la plupart de ces phénomènes n'ont été opérés qu'après la retraite des eaux des mers.

Il faut donc supposer que cette terre quartzeuse a été dissoute par les eaux, à une température qui n'étoit pas au-dessus de celle d'aujourd'hui; et je ne doute pas qu'il ne se forme encore journellement des cristaux de quartz, dans les bois fossiles, dans les coquilles fossiles, ainsi que des agathes, des silex... Il faut en rechercher les causes.

§. 857. Je suppose que des eaux chargées d'acide carbonique, transsudent à travers les terreins où se forment ces quartz, ces agathes et ces silex, et y rencontrent la terre quartzeuse pure ou caustique; elles la dissolvent, et la déposent de la même manière qu'elles déposent le spath calcaire, lorsqu'elles ont dissous la terre calcaire au lieu de la quartzeuse.

§. 858. Il reste à rechercher, 1°. comment la terre quartzeuse pure peut se trouver dans les lieux où se forment ces agathes, ces silex, ces quartz; 2°. d'où vient l'acide carbonique qui s'y combine.

Les agathes se trouvent presque toujours dans les matières volcaniques, comme en Ecosse, en Islande, à Oberstein....

Or, dans les volcans, la terre quartzeuse a été fondue avec des matières calcaires, schisteuses... peut-être avec du natron provenant de la décomposition du sel marin, ou avec de la potasse, et a formé du verre déliquescent, qui laisse la terre quartzeuse pure, ou à l'état de causticité.

Les craies, les couches coquillières, les coquilles elles-mêmes, sont des débris d'êtres organisés, ainsi que les bois fossiles.

Or, nous avons vu que les forces vitales, chez les animaux et les végétaux, produisent de la terre quartzeuse, telle que le tabasher : cette terre quartzeuse a été d'abord pure, avant que de se combiner avec un acide.

Quant à l'origine de l'acide carbonique, nécessaire pour saturer cette terre, elle est facile à trouver.

Les eaux qui coulent à travers les terreins volcaniques, sont très-souvent chargées d'acide carbonique, provenant de la décomposition des pyrites.

Les parties molles des animaux qui habitent ces coquilles, donnent de l'acide carbonique en se décomposant.

Les bois se décomposent en partie ayant de se

pétrifier; et il s'en dégage de l'acide carbonique.

Enfin, toutes les eaux qui coulent à la surface du globe, contiennent de l'acide carbonique.

Nous retrouvons donc les deux élémens du quartz,

La terre quartzeuse pure,

L'acide carbonique.

Ces deux substances se combinent; et cristallisent sous forme de quartz, si la terre est assez pure; lorsqu'elle ne l'est pas assez, il se forme des calcédoines, des agathes, des silex...

Ces substances une fois formées, deviennent insolubles dans l'eau, comme les autres cristaux pierreux, les calcaires, les fluors, les appatits....

De la terre argileuse.

§. 859. La terre argileuse la plus pure, est celle qu'on retire de l'alun. Pour l'obtenir, on dissout de l'alun dans l'eau; et en versant dans cette dissolution un alkali caustique ou aéré, on a un précipité abondant, spongieux, floconneux et demi-transparent : c'est la terre alumineuse. Elle est très-blanche, a le liant, la ténacité de l'argile, son onctuosité, enfin elle en possède toutes les qualités. Aussi les chimistes la regardent-ils comme la terre argileuse la plus pure; cependant elle a quelques propriétés différentes de celles de l'ar-

gile qu'on retire du sein de la terre, et qu'il est bien essentiel de remarquer.

Lorsqu'on verse un acide dans la liqueur où s'est fait le précipité de la terre alumineuse, elle est aussi-tôt redissoute ; si on a employé l'acide sulfurique, et qu'on fasse cristalliser, on obtient du nouvel alun.

L'alkali caustique dissout également cette terre; car si on précipite l'alun par l'alkali caustique, et qu'on ajoute un excès d'alkali, on voit le précipité disparoître; il est entièrement dissous par l'alkali : on le fera reparoître en saturant l'alkali par un acide.

J'ai voulu essayer si la terre calcaire caustique ou chaux vive produiroit sur la terre alumineuse le même effet que l'alkali caustique. En conséquence, dans une dissolution d'alun, j'ai versé de l'eau de chaux : il y a eu un précipité abondant, qui étoit composé, 1°. de terre alumineuse, qu'il est facile de reconnoître à sa nature, 2°. du gypse ou de la sélénite, qui ne se dissout que dans une grande quantité d'eau. J'ai ajouté de la nouvelle eau de chaux : il n'a pas paru que la terre alumineuse ait été dissoute.

J'ai répété l'expérience d'une autre manière; j'ai précipité la terre alumineuse par l'alkali caustique, et j'ai ensuite versé de l'eau de chaux : la terre alumineuse n'a pas été dissoute. Il ne paroît

donc pas que l'eau de chaux puisse dissoudre cette terre alumineuse.

Mais si, après avoir précipité la terre alumineuse par un alkali caustique, on décante la liqueur, et qu'on jette le résidu sur un filtre après l'avoir lavé en grande eau, il demeure sur le filtre une masse qui a quelque ressemblance avec l'amidon, et en a la demi-transparence. Je l'ai fait dessécher avec beaucoup de précaution, à une chaleur douce et sous des cloches, afin qu'il n'y tombât aucune impureté : j'ai obtenu une masse d'argile transparente comme la gomme arabique, et ayant à-peu-près sa dureté.

Cette demi-transparence qu'a cette terre, soit lorsqu'elle est dans l'eau, soit lorsqu'elle est desséchée, annonce une véritable dissolution.

On peut donc regarder comme certain que la terre alumineuse pure est vraiment soluble dans l'eau, non pas à la manière des substances salines, mais comme les substances glutineuses.

§. 860. Une des propriétés les plus remarquables de la terre argileuse ou alumineuse, est d'être pénétrée par l'eau, d'en être distendue; elle en est gonflée au point de s'y tenir tellement suspendue, qu'elle ne se précipite point : j'en ai conservé des mois entiers sans qu'elle se précipitât.

Cette terre réunie sur le filtre, et mise en masse,

éprouve une retraite considérable en se desséchant. Cette retraite augmente encore si on fait chauffer cette terre; elle peut aller à plus de moitié de son volume si on la pousse à un grand feu, sans cependant la vitrifier. *Weedgewood* a prouvé, dans la construction de son pyromètre, qu'une argile pure, assez desséchée pour faire des petits cubes solides, perdoit la moitié de son volume lorsqu'on la chauffoit à un feu très-vif, sans qu'il fût capable de la vitrifier.

J'ai cependant vitrifié cette argile de *Weedgewood* et d'autre argile très-pure, en animant le feu par un courant d'air pur : elle donne un émail blanc.

Le feu donne un tel degré de dureté à l'argile non vitrifiée, qu'elle peut tirer des étincelles de l'acier.

Si on réduit en poudre cette argile ainsi chauffée, elle n'est pas pénétrée par l'eau, ne s'y gonfle plus, et n'y acquiert pas la ténacité et l'onctuosité particulières à l'argile humectée; néanmoins, en la laissant long-temps exposée à l'air et à l'humidité, elle reprend peu à peu ses premières qualités, et redevient de la véritable argile.

Cette qualité qu'a l'argile d'être pénétrée par l'eau, d'en être gonflée, et d'acquérir beaucoup de volume, lui est particulière. Les autres terres

ne présentent rien de semblable : cela tient sans doute à la nature de cette terre.

C'est à cette qualité qu'a l'argile d'être pénétrée par l'eau, que je crois devoir attribuer sa ténacité et sa ductilité. Je pense que c'est une *espèce de dissolution* semblable à celle des substances caseuses et glutineuses, qui sont également pénétrées par l'eau, sans en être entièrement dissoutes, et ont la même ténacité.

Mais cette espèce de dissolution est suffisante pour donner lieu à la force d'affinité des parties de ces substances, d'agir ; elles s'attirent et s'adhèrent avec une certaine force : cette force augmente à mesure que la dessication dissipe les parties de l'eau qui les tiennent distendues.

C'est par cette force d'adhésion que l'argile, particulièrement lorsqu'elle a été chauffée, acquiert cette grande dureté. On sait que les Chinois composent avec la pâte de riz desséchée, c'est-à-dire, sa partie glutineuse, une espèce de stuc qui a beaucoup de dureté.

L'argile a une si grande adhérence avec l'eau, qu'on ne sauroit l'en dépouiller par la simple dessication ; aussi n'acquiert-elle que peu de dureté par ce moyen. Les dépôts argileux n'ont jamais une dureté considérable ; il faut donc l'action d'un feu supérieur pour surmonter cette affinité, et faire dissiper l'eau.

§. 861. La terre alumineuse pure, dissoute dans l'eau et desséchée, ne contracte pas d'adhérence avec une autre terre qui est également pure. *Scheele* l'avoit cependant avancé, fondé sur l'expérience suivante, que *Bergman* rapporte en s'exprimant ainsi : « La terre précipitée de l'alun » par l'alkali caustique, et jetée dans l'eau de » chaux, perd bientôt sa figure spongieuse et sa » transparence ; elle blanchit, et se condense en » précipitant la chaux de l'eau qui la tenoit en dis- » solution, et forme avec elle une nouvelle com- » binaison, qui ne peut être détruite que par des » moyens chimiques ». (*Sciagraphie*, §. *103.*)

J'ai répété cette expérience, et j'ai obtenu les mêmes résultats que *Scheele*. Mais ce précipité n'acquiert pas de dureté : on ne peut néanmoins séparer ces deux terres que par des procédés particuliers.

§. 862. La terre argileuse est très-commune dans la nature ; on la trouve en masse, faisant des couches plus ou moins épaisses dans les terreins secondaires. Elle est rarement blanche et pure ; elle contient ordinairement une portion considérable de terre quartzeuse ; les autres terres s'y rencontrent aussi fort souvent : mais elle est particulièrement mélangée avec les oxides de fer, qui la colorent en jaune, en rouge, en bleu-gris....

Cette terre se trouve également dans les terreins primitifs, mais en moindre quantité. J'en ai rencontré quelquefois entre les masses des granits les plus durs; elle n'avoit que l'épaisseur de quelques lignes; sa ténacité étoit très-grande, et supérieure à celle de l'argile ordinaire.

Ces argiles qu'on rencontre, soit dans les terreins primitifs, soit dans les terreins secondaires, quoiqu'ayant à-peu-près les mêmes qualités que la terre alumineuse, en diffèrent cependant à un certain point; elles ne se dissolvent ni dans les acides, ni dans les alkalis caustiques, avec la même facilité que la terre alumineuse qui vient d'être précipitée.

On ignore d'où vient cette différence entre la terre alumineuse et les argiles qui paroissent les plus pures. Ces dernières seroient-elles combinées, ou avec l'acide carbonique, ou avec quelqu'autre principe?

De la terre calcaire.

§. 863. La terre calcaire pure est ce qu'on appelle communément la chaux vive, ou la terre calcaire caustique.

Contient-elle un principe particulier, qui seroit la matière de la chaleur combinée, le *causticum* de *Meyer*, comme je le pense, ou est-elle la terre calcaire pure?

Il nous suffit ici de savoir que cette terre à l'état de causticité, est soluble dans l'eau, mais en assez petite quantité. Il faut six à sept cents parties d'eau pour en dissoudre une de chaux : la dissolution est limpide comme celle d'un sel.

Si on met un morceau de chaux dans l'eau, elle s'y combine avec dégagement de beaucoup de chaleur ; une portion est dissoute ; et celle qui ne l'est pas demeure au fond du vase sous forme d'une masse blanche, pâteuse, et sans consistance.

Cette dissolution de terre calcaire caustique, ou eau de chaux, exposée à l'air, se combine avec de l'acide carbonique ; et il se forme à sa surface une pellicule qu'on appelle *crême de chaux*, laquelle n'est que du spath calcaire.

On n'a point encore trouvé de terre calcaire caustique en masse dans les terreins primitifs.

L'opinion la plus répandue dans ce moment parmi les chimistes, est que la terre calcaire qui fait partie des substances des terreins primitifs, y est pure, ou à l'état caustique ; mais je crois qu'elle s'y trouve aussi souvent combinée avec quelqu'acide, sur-tout avec le carbonique.

La terre calcaire pure s'est rencontrée quelquefois dans les terreins secondaires et volcaniques, comme nous l'avons vu (§. 268).

De la magnésie.

§. 864. Cette terre pure est en partie soluble dans l'eau, et y forme des flocons comme la terre alumineuse.

J'ai dissous de la magnésie dans l'acide marin, et l'ai précipitée par l'alkali caustique. Le précipité a été spongieux, blanc, quoique pas aussi floconneux que celui de la terre alumineuse; il se soutient dans l'eau sans se précipiter. J'en ai tenu ainsi pendant un mois; il a également une demi-transparence.

J'ai décanté une partie de cette eau de dessus le précipité, et l'ai lavé dans beaucoup d'eau pure: le tout a été jeté sur un filtre; il y est resté une masse qui avoit l'apparence d'une espèce de mucilage épais et demi-transparent.

Desséchée à une douce chaleur, avec précaution, et recouverte d'un bocal, pour que la poussière ne s'y mêlât pas, j'ai obtenu une masse demi-transparente, et qui avoit peu de solidité.

Ce défaut de dureté vient de la grande affinité de cette terre avec l'eau: elle ne sauroit par conséquent cristalliser sous cette forme.

On peut donc assurer que la terre magnésienne, pure ou caustique, est soluble dans l'eau.

De la terre strontianitienne.

§. 865. CETTE terre est très-soluble dans l'eau; une partie se dissout dans deux cents parties d'eau: si on fait évaporer une partie de cette eau, la terre cristallise.

De la terre circonienne.

§. 866. NOUS avons parlé de ses propriétés (§. 275).

De la terre sidnéienne.

§. 867. NOUS avons dit (§. 274.) ce que l'on en sait.

De la terre pesante ou *barytique.*

§. 868. CETTE terre paroît avoir de grands rapports avec les oxides métalliques; et l'analogie ne permet guère de douter qu'il ne faille la ranger dans cette classe: cependant on n'a encore pu en retirer aucune substance métallique.

J'ai fait dissoudre de cette terre dans l'acide marin, et l'ai précipitée par l'alkali caustique. J'ai obtenu un précipité floconneux à-peu-près comme celui des oxides de fer; il étoit presque blanc: au bout de quelques jours, il est devenu jaunâtre, brun, et a toujours demeuré suspendu

dans l'eau, comme celui de la dissolution du fer précipité par l'alkali caustique.

Ce précipité, lavé dans beaucoup d'eau, jeté sur un filtre, et desséché, se comporte comme les oxides métalliques, et ne contracte point d'adhérence.

Mais la terre pesante combinée avec l'acide carbonique, et dépouillée de cet acide par la calcination, se dissout complètement dans l'eau.

Si on fait évaporer, on obtient cette terre cristallisée.

Cette expérience curieuse est due à *Hoppe*.

La terre barytique pure, et ses combinaisons avec les acides, sont des remèdes très-actifs : c'est un nouveau rapport avec les substances métalliques.

La terre pesante n'a point été encore trouvée pure dans la nature ; elle est toujours combinée, ou avec l'acide sulfurique, ou avec l'acide carbonique.

Des oxides de fer.

§. 869. Ces oxides se trouvent dans presque toutes les terres, et y jouent le rôle de terres simples : c'est sous ce rapport que je vais en parler.

J'ai fait dissoudre du fer dans l'acide sulfurique, et l'ai précipité par l'alkali caustique : la chaux de fer a été précipitée sous forme floconneuse d'un

vert foncé, et s'est soutenue dans la liqueur en interceptant l'accès de l'air.

Mais en laissant le vase découvert et exposé à l'air, cet air est attiré par la chaux métallique, qui perd sa couleur verte, et devient peu à peu d'un jaune rouge ; dans cet état, elle se précipite, et adhère fortement aux parois du vase et des autres corps qu'on expose dans la liqueur.

Cette terre ferrugineuse pure, c'est-à-dire, précipitée par l'alkali caustique, est donc en partie soluble dans l'eau.

Cet apperçu sur les terres fait voir que, lorsqu'elles sont pures, elles sont toutes plus ou moins solubles dans l'eau. Nous allons examiner si dans cet état elles peuvent cristalliser.

DES EAUX.

§. 870. Ce que nous avons dit sur la cristallisation générale du globe, fait voir que les eaux, soit pures, soit chargées de divers dissolvans, en ont été un des principaux agens ; elles ont tenu en dissolution ou en solution (1) toutes les matières,

(1) Un métal est *dissous* par un acide ; les deux substances s'unissent, et il en résulte un nouveau corps, le sel métallique.

Le sucre mis dans l'eau, y est *tenu en solution*, et on le trouve toujours le même en évaporant cette eau.

qui composent non-seulement la surface du globe, mais tout le globe lui-même, puisqu'il a été entièrement liquide, ainsi que nous l'avons supposé avec les astronomes-géomètres (§. 835).

Lorsque toutes ces matières solides ont cristallisé, elles se sont précipitées au fond du liquide, comme plus pesantes : elles ont donc d'abord formé le noyau du globe; et les matières cristallisées continuant de se précipiter, elles ont composé toute la masse entière de la terre.

Ces substances ont conservé avec elles cette eau de cristallisation : on retire une partie de cette eau dans l'analyse de ces substances.

§. 871. Mais toute l'eau surabondante qui tenoit ces matières dissoutes, est venue nager sur ces masses qui se précipitoient, comme l'a dit *Lucrèce;* elle a couvert les plus hautes montagnes, puisque celles-ci sont formées de granits, de porphyres, et d'autres substances également cristallisées.

Telle est l'origine des eaux qui sont à la surface de la terre.

On demandera peut-être si ces eaux surpassoient beaucoup les pics les plus élevés des montagnes. Il n'est pas facile de faire une réponse précise à cette question.

Mais il est certain que la masse des eaux devoit

être très-considérable, pour avoir tenu tout le globe à l'état de liquidité; car toutes les matières minérales se dissolvent avec beaucoup de difficulté, et exigent une grande quantité d'eau pour être tenues en dissolution.

D'ailleurs, les pics les plus élevés aujourd'hui, qui sont d'environ 3000 toises (j'en excepte quelques pics volcaniques), ont dû l'être autrefois beaucoup plus, parce que les eaux les dégradent sans cesse. Nous ne saurions calculer la quantité de cette diminution, qui doit être très-considérable; mais nous en pouvons conclure qu'à cette époque les eaux étoient peut-être de plusieurs centaines de toises plus élevées, que ne sont les pics les plus hauts aujourd'hui.

§. 872. La seconde question qui se présente, est de savoir quelle étoit la nature de cette eau.

Ce ne pouvoit être de l'eau pure.

Elle différoit aussi de l'eau que contiennent actuellement nos mers. Car nous prouverons ailleurs, que l'acide marin ni les alkalis n'existoient point dans ces temps; par conséquent, il ne pouvoit y avoir dans ces eaux, ni sel marin, ni sulfate de natron, qui se trouvent aujourd'hui dissous dans nos mers.

§. 873. Mais ces eaux contenoient à cette

époque des agens capables de tenir en dissolution les différentes substances des terreins primitifs. Ceux de ces agens que nous connoissons, sont :

1°. La matière de la chaleur, ou calorique,
2°. L'air pur ou oxygène,
3°. L'air impur ou azote,
4°. L'acide carbonique,
5°. L'acide sulfurique,
6°. L'acide fluorique,
7°. L'acide phosphorique,
8°. Les différens acides métalliques,
9°. Les dix-huit oxides métalliques,
10°. Les foies de soufre ou sulfures,
11°. L'air inflammable sulfureux, ou gaz hydrogène sulfuré,
12°. Les foies de phosphore ou phosphures,
13°. L'air inflammable phosphorique, ou gaz hydrogène phosphoré,
14°. Les foies d'arsenic,
15°. La terre calcaire,
16°. La terre magnésienne,
17°. La terre pesante ou baryte,
18°. La terre argileuse,
19°. La terre quartzeuse,
20°. La terre circonienne,
21°. La terre strontianitienne,
22°. La terre sidnéïenne.

Le fluide lumineux, le fluide électrique, le

fluide magnétique, le fluide éthéré... étoient mélangés avec ces différentes matières.

Toutes ces différentes substances, et sans doute beaucoup d'autres qui ne nous sont pas encore connues, étoient dissoutes, ou tenues en solution dans cette immense quantité d'eau.

Ces dissolutions ou solutions étoient favorisées par la chaleur de cette eau, qui étoit certainement plus considérable qu'aujourd'hui.

On peut par conséquent supposer plus de soixante substances dissoutes, ou tenues en solution, ou mélangées dans ces eaux.

Mais enfin, par une cause quelconque, l'eau cessa de pouvoir soutenir toutes ces substances, et pour lors s'opéra la cristallisation générale du globe, de la manière dont nous allons tâcher de l'expliquer en détail, en parlant de chacune des cristallisations minérales en particulier.

L'eau elle-même cristallise lorsqu'on la fait congeler dans des circonstances favorables.

Les eaux qui restèrent après cette cristallisation, peuvent être regardées comme des espèces d'*eaux-mères*, qui contenoient encore plusieurs des substances qui venoient de se déposer.

Ce sont ces eaux qui sont la première origine de nos mers.

Elles continuèrent, dans des temps qui suivirent la grande cristallisation du globe, à laisser cris-

talliser les substances qu'elles contenoient, ce qui forma les terreins secondaires primitifs.

DE LA MANIÈRE DONT LES SUBSTANCES MINÉRALES CRISTALLISENT PAR LE FEU.

§. 874. Un grand nombre de substances minérales ont cristallisé par le feu, d'une manière aussi régulière que celles qui cristallisent par l'eau; telles sont le soufre, la rubine d'arsenic, le fer spéculaire volcanique.....

Tous les métaux purs ou alliés, fondus, et qu'on laisse refroidir avec précaution, affectent une forme très-régulière; le soufre, le phosphore fondus, cristallisent en octaèdre.

Enfin de grandes masses de pierres ont coulé sous forme de laves, et ont formé les chaussées basaltiques.

Le verre lui-même cristallise par le feu.

La cause de la cristallisation par le feu, est la même que celle qui fait cristalliser par l'eau; son action violente brise l'union des différentes parties des corps qui lui sont soumis, comme le font les dissolvans liquides.

Mais aussi-tôt que l'intensité de la chaleur diminue, la force propre de chacune des parties du corps fondu ou volatilisé, les rapproche suivant

les loix des affinités ; et elles affectent des formes propres et régulières, en suivant les mêmes loix que les cristallisations par l'eau.

Il faut examiner maintenant si la cristallisation générale de la matière, et de notre globe en particulier, a été opérée par l'eau ou par le feu.

Observons d'abord que l'eau ne peut être liquide que par le feu ; par conséquent toutes les cristallisations par l'eau supposent déjà un degré de chaleur quelconque.

D'ailleurs on ne peut supposer l'eau un être simple; elle est composée, comme toutes les autres parties dites élémentaires : cela suppose donc que toutes les parties premières de matière jouissent d'un mouvement propre, ainsi que nous l'avons dit, pour pouvoir composer les différens élémens.

Mais les parties diverses, dont les grands globes devoient être formés, étant réunies par les loix des affinités, ont-elles cristallisé primitivement par les eaux ? ou ont-elles été dans un état d'incandescence, qui les ait fait cristalliser ?

Ces deux sentimens ont été soutenus par des philosophes d'un grand mérite. Dans ces derniers temps, *Descartes*, *Leibnitz*..... ont regardé la terre comme un soleil éteint et encroûté.

Mais les soleils eux-mêmes, avant que d'être lumineux, ont-ils été cristallisés par les eaux ?

On sent que la solution de ces questions est très-difficile pour nous, qui n'avons que de foibles analogies sur ces objets.

Nous ne pouvons donner de réponses satisfaisantes à cet égard, relativement à la terre, qu'après avoir vu tous les faits, et exposé nos idées sur sa théorie.

DE LA CRISTALLISATION DES SUBSTANCES INFLAMMABLES PURES.

§. 875. CHACUNE des substances inflammables, dont nous venons de parler, savoir le soufre, le phosphore et les dix-neuf substances métalliques, dissoute par le feu ou calorique, c'est-à-dire, réduite à l'état de fusion, et refroidie ensuite avec précaution, cristallise et affecte une forme régulière: la cause de ce phénomène est la même que celle de toutes les autres cristallisations. Les molécules de ces subtances réduites à leur force propre, se rapprochent en vertu de leurs affinités, et affectent des formes régulières.

Ces mêmes substances inflammables, qui cristallisent seules, peuvent aussi cristalliser lorsqu'elles sont mélangées plusieurs ensemble.

Le soufre, par exemple, cristallise lorsqu'il est mélangé avec différens métaux; dans cet état, il affecte des formes très-régulières, comme nous

l'avons vu en parlant des sulfures métalliques, de l'argent vitreux, du cuivre vitreux, de la galène, du sulfure de cobalt, des pyrites martiales, de la rubine d'arsenic.....

Les différens métaux mélangés cristallisent également. L'amalgame de mercure et d'argent affecte des formes régulières..... comme nous l'avons dit ailleurs.

DE LA CRISTALLISATION DES TERRES PURES.

§. 876. Tous les faits que avons rapportés, prouvent que les cinq terres principales et les oxides de fer, sont en partie solubles dans l'eau, lorsqu'ils sont purs, ou au moins précipités de leurs dissolvans par des alkalis caustiques ; ils s'y tiennent suspendus sous une forme plus ou moins floconneuse, plus ou moins spongieuse : quelques-uns même, comme la terre calcaire pure, y sont absolument solubles; plusieurs autres de ces précipités étant desséchés, donnent une masse demi-transparente, tels sont les précipités d'argile, de magnésie..... ils ne cristallisent point.

Mais les terres strontianitienne et barytique cristallisent dans l'eau.

Il se présente maintenant deux questions du plus grand intérêt.

Chaque terre pure peut-elle cristalliser seule ?

Plusieurs de ces terres pures, tenues en solution dans l'eau, peuvent-elles cristalliser sans aucun dissolvant étranger, en se servant mutuellement de dissolvant ?

La solution de ces deux questions présente de grandes difficultés; et nos connoissances ne sont peut-être pas encore assez avancées pour les résoudre.

§. 877. Le principe général, est qu'un corps qui est dans un état de dissolution ou de solution cristallise toujours, lorsque la liqueur perdant de son énergie par une cause quelconque, le corps cesse d'être tenu en dissolution ou en solution. Il paroîtroit donc que ces terres pouvant être solubles dans l'eau pure, devroient cristalliser seules, soit en faisant évaporer l'eau, soit d'une autre manière quelconque. Néanmoins nous avons vu qu'on n'a pu jusqu'ici amener aucune terre tenue en dissolution ou en solution dans l'eau, à un état de cristallisation.

Il n'y a que la terre strontianitienne et la barytique qui présentent des exceptions à cet égard. Cependant chacune doit avoir une force propre, et certainement elle l'a; en vertu de cette force, ses molécules doivent se rapprocher par leur affinité, et par conséquent cristalliser.

Je pense donc que c'est leur affinité considérable avec l'eau qui les empêche de cristalliser. Les alkalis caustiques ni les acides ne cristallisent également pas, par la même raison, dans les cas ordinaires.

Mais si dans l'eau tenant en solution l'alkali caustique, on verse de l'esprit-de-vin, celui-ci s'empare de l'eau avec laquelle il a plus d'affinité, et l'alkali cristallise.

Si on pouvoit également, par de doubles affinités, dépouiller ces terres de leur eau de cristallisation, on pourroit vraisemblablement les faire cristalliser.

§. 878. La force propre de l'argile dissoute dans l'eau, et ensuite desséchée, lui fait contracter une assez grande dureté; mais on n'a encore pu l'obtenir cristallisée : il en est de même de la chaux, de la magnésie..... Nous connoissons d'autres corps, tels que les corps muqueux, qui, dissous dans l'eau, ne cristallisent point, tandis que le sucre, qui est un corps muqueux plus épuré, cristallise.

§. 879. Ces terres ont un autre dissolvant que l'eau : c'est le feu. Lorsqu'elles éprouvent un grand degré de chaleur, elles fondent et forment des verres solides, qu'on pourroit regarder comme

une cristallisation confuse. Il y a même des espèces de vitrifications qui cristallisent régulièrement, comme l'ont fait voir *Keir* et *Pajot*. Il paroît bien prouvé aujourd'hui que le leucite est un cristal d'une espèce de verre naturel; mais peut-on dire que ce cristal a pris sa forme par l'action du calorique, c'est-à-dire, qu'il a été dans une liquidité ignée, et que dans cet état il a cristallisé?

Ou doit-on penser qu'il a été sous forme de *verre déliquescent*, comme les dépôts siliceux des eaux de *Geyser*? C'est ce que nous examinerons ailleurs.

Or, le feu en dissolvant les terres les rend à leurs forces propres; elles obéissent pour lors aux loix des affinités, se combinent, et affectent des formes particulières, comme le font le soufre, le phosphore, les substances métalliques.....

§. 880. La seconde question que nous avons à examiner, est de savoir si plusieurs de ces terres pures, tenues en dissolution ou en solution par l'eau, ne cristallisant point, réunies et mélangées, peuvent cristalliser ensemble sans aucun intermédiaire, comme elles le font lorsqu'elles sont tenues en dissolution par le feu, ainsi que nous venons de le voir; si elles peuvent agir les unes sur les autres, comme des acides, par exemple, agissent sur les

alkalis, et former ainsi des combinaisons solides, des pierres, par exemple? C'est le sentiment de *Scheele* et de *Bergman*, qui ont dit :

« Les terres jouissent de la propriété de s'attirer » les unes et les autres, et forment ainsi des com- » binaisons beaucoup plus intimes que les combi- » naisons mécaniques. La terre précipitée de l'alun » par l'alkali caustique, et jetée dans de l'eau de » chaux, perd bientôt sa figure spongieuse et sa » transparence; elle blanchit, et se condense en » précipitant la chaux de l'eau qui la tenoit en dis- » solution, et forme avec elle une combinaison, » qui ne peut être détruite que par des moyens » chimiques ».

§. 881. J'avois adopté cette opinion de *Bergman*, dans mes notes sur la sciagraphie; mais j'ai cherché depuis à vérifier cette assertion par des expériences nombreuses. En voici les résultats.

1°. J'ai pris de la terre argileuse précipitée de l'alun par l'alkali caustique, et l'ai mélangée avec l'eau de chaux, comme l'a fait *Scheele* : il y a eu un précipité ainsi qu'il l'a dit. Ces deux terres forment un composé qui n'acquiert point de dureté : j'en ai conservé des mois entiers dans l'eau, sans qu'il prît de la solidité.

Mais il en contracte lorsqu'on l'expose à l'air, parce que l'acide carbonique s'unit à la chaux,

en forme du spath calcaire, et le composé devient une espèce de marbre.

2°. De la chaux ou terre calcaire pure, mélangée avec la terre quartzeuse, ne contracte point d'adhérence.

Cependant de la chaux vive, mêlée avec du sable, forme le mortier qui a beaucoup de dureté; mais cette dureté est due à l'acide carbonique qui s'est combiné avec la chaux, et l'a convertie en pierre calcaire.

3°. De la terre calcaire pure, mélangée avec la magnésie pure, forme un précipité qui n'a point de dureté.

4°. De la terre calcaire pure, mélangée avec l'oxide de fer pur, ne contracte point d'adhérence ni de solidité.

5°. La magnésie pure, mélangée avec chacune de ces autres terres pures, savoir la terre quartzeuse, la terre argileuse, l'oxide de fer, ne contracte aucune solidité.

6°. La terre argileuse pure, mélangée avec la terre quartzeuse pure, ou avec l'ocre de fer, ne contracte aucune solidité.

7°. La terre quartzeuse, mélangée avec l'ocre de fer, ne contracte point de solidité.

8°. Toutes ces terres mélangées trois à trois, quatre à quatre ou toutes cinq, n'acquièrent aucune dureté lorsqu'elles sont pures.

9°. Les oxides de fer purs, exposés à l'air, en attirent une portion, se précipitent en changeant de couleur, et adhèrent fortement aux corps qu'ils touchent, de quelque nature qu'ils soient : c'est pourquoi la pouzzolane, qui contient beaucoup d'oxide de fer, fait un si bon ciment.

Mais dans tous les cas, ces oxides de fer contiennent une assez grande quantité d'air pur et d'acide carbonique ; car dans l'état où ils se trouvent, lorsqu'ils ont été précipités par l'alkali caustique, ils ne contractent aucune adhésion.

10°. J'ai laissé dans des vases de verre, de la liqueur des cailloux, ou du verre déliquescent, qui s'est évaporée peu à peu ; elle s'est attachée aux parois des vases, de manière à résister même à l'action des acides : on y observoit un commencement de cristallisation. Je crois que l'acide carbonique s'est combiné avec la terre quartzeuse, et a formé un véritable quartz cristallisé confusément.

§. 882. J'ai ajusté un appareil, pour faire passer au travers du verre déliquescent des courans d'acide carbonique : j'ai également vu adhérer aux parois des vaisseaux, une substance qui résistoit à l'action des acides.

On pourroit expliquer par ce moyen l'expérience dans laquelle *Achard* disoit avoir obtenu

du quartz, en faisant passer de l'eau chargée d'acide carbonique à travers de la craie : c'est que cette craie qu'il avoit employée, ou le sable, contenoit de la terre quartzeuse pure; et cette terre, en se combinant avec l'acide carbonique, avoit formé des cristaux de quartz.

§. 883. La conclusion que j'ai cru pouvoir tirer de toutes ces expériences que j'ai répétées un grand nombre de fois, me paroît être :

a Que toutes ces terres à l'état de pureté, exposées à l'air, se combinent avec l'acide carbonique, et forment des composés plus ou moins durs : il faut en excepter la terre argileuse.

b Toutes ces terres pures ou caustiques, seules, ou mélangées deux à deux, trois à trois, quatre à quatre, ou toutes cinq, et tenues en dissolution ou en solution par l'eau, ne peuvent pas former de corps dur comme lorsqu'elles sont dissoutes par le calorique : je crois que c'est parce qu'elles ont une trop grande affinité avec l'eau qui les tient en dissolution. Au moins cela n'est pas douteux pour la terre argileuse, puisqu'en la faisant chauffer, sans la fondre ni la vitrifier, elle prend un tel degré de dureté, qu'elle peut tirer des étincelles de l'acier; et cette dureté ne peut venir que de la force d'affinité avec laquelle ses parties s'attirent.

On objectera peut-être que la nature opère en

grand bien différemment que nous avec nos petits appareils. Je réponds que personne n'est plus convaincu que moi de cette vérité; néanmoins nous ne pouvons attribuer à la nature tel ou tel procédé, sans y être conduits par des faits plus ou moins concluans.

Il faut donc rechercher une autre cause de la dureté et de la cristallisation des pierres qui contiennent plusieurs espèces de terres : cette dureté ne me paroît pas pouvoir dépendre de la combinaison seule de ces terres les unes avec les autres.

Néanmoins plusieurs savans, dont je respecte les lumières, persistent à croire avec *Scheele* et *Bergman*, que ces terres peuvent se combiner seules et acquérir une grande dureté; mais ils n'apportent aucun fait décisif pour appuyer cette doctrine.

§. 884. Je persisterai donc dans mon opinion, jusqu'à ce qu'ils donnent de nouvelles preuves plus concluantes; et j'attribue la dureté qu'acquièrent les terres tenues en dissolution ou en solution dans l'eau, pour former les différentes pierres, à leur combinaison avec un acide tel qu'il soit.

§. 885. On m'a objecté que dans les analyses qu'on a faites de ces pierres, on n'en a retiré aucun acide; mais les moyens qu'on emploie pour

faire ces analyses, empêchent qu'on puisse s'assurer si ces terres y sont pures ou combinées avec quelqu'acide.

On réduit ces pierres en poudre; on les mêle avec le double de leur poids de natron : le tout est mis dans un creuset de fer ou d'argent, et chauffé avec précaution, jusqu'à ce qu'il forme une masse vitreuse, ou plutôt une fritte. On traite ensuite ce résultat par les moyens chimiques, pour reconnoître les substances qu'il contient.

Il est évident, que quand même ces terres contiendroient de l'acide carbonique, ou tout autre acide volatil, on ne pourroit s'en assurer.

Et effectivement on ne sauroit douter que les oxides de fer y sont toujours combinés avec l'air pur et l'acide carbonique; et on n'a jamais pu les recueillir.

Il est encore certain que la terre quartzeuse qui se trouve dans toutes ces pierres, y est combinée avec son acide. En fondant la plupart de ces pierres, il y a effervescence et dégagement de fluides aériformes, comme dans la fusion du quartz; leur verre est bulleux; et cependant on n'a jamais parlé de ces fluides ni on n'en a tenu compte dans ces analyses.

Je ferai voir bientôt que c'est même une raison pour regarder comme imparfaite la plus grande partie des analyses qu'on a données de ces pierres.

Mais en attendant, je dis qu'il est très-probable que la terre calcaire et la magnésie qui se trouvent dans ces pierres, y sont le plus souvent combinées avec une portion d'acide carbonique, comme le même acide y est combiné avec la terre quartzeuse et les oxides de fer.

§. 886. QUANT à la terre argileuse, il est possible qu'elle s'y trouve également unie avec le même acide.

Il me paroît donc très-probable que les terres qui composent les pierres quartzeuses, les gemmes, les schorls, les pierres magnésiennes et les pierres argileuses, y sont combinées avec quelqu'acide, comme le sont les oxides de fer; et je crois que cet acide est le même, savoir l'acide carbonique.

L'expérience confirme cet apperçu : car toutes ces pierres, ou presque toutes, bouillonnent en fondant; leurs verres sont plus ou moins remplis de bulles, lesquelles paroissent dues à un dégagement de fluides élastiques, et une partie de ces fluides élastiques paroît être l'acide carbonique.

Il seroit cependant possible qu'il y eût encore quelque autre acide.

L'eau de cristallisation peut encore contribuer au bouillonnement et au boursoufflement de quelques-unes de ces substances, telles que la zéolite.

Nous savons combien l'eau de cristallisation de l'alun, du borax..... les fait boursouffler lorsqu'on les chauffe.

§. 887. La grande dureté de la plupart de ces pierres, sera due particulièrement à la terre quartzeuse combinée avec son acide; car par elle-même cette pierre a une dureté considérable.

La dureté des autres terres combinées avec l'acide carbonique n'est pas aussi considérable; celle du spath calcaire ou du marbre n'est que de 700.

Celle de la magnésie combinée avec l'acide carbonique n'est que de 100.

Celle de la terre argileuse combinée avec cet acide est foible, et dépend de son degré de dessiccation.

Celle des oxides de fer combinés avec le même acide est plus considérable; elle dépend des différens degrés d'oxidation: il en est comme l'émeril... qui sont très-durs....

§. 888. Toutes ces espèces de pierres doivent donc être regardées comme des sels ayant le même acide combiné en même temps avec plusieurs bases, savoir deux ou plusieurs des substances suivantes, la terre quartzeuse, la terre calcaire, la terre magnésienne, la terre argileuse et l'oxide de fer.

Lorsque la terre quartzeuse dominera dans ce composé, il conservera à-peu-près la dureté du quartz.

Les silex, les agathes, les calcédoines, les jaspes, les prases, les chrysoprases, les pechsteins... ont une dureté peu inférieure à celle du quartz.

Les pierres où la terre quartzeuse est en moindre quantité, ont une dureté inférieure à celle du quartz; tels sont les feldspaths, les pétro-silex....

Les pierres dans lesquelles la terre quartzeuse est encore en moindre quantité, ont une dureté inférieure à celle de ces dernières; telle est toute la classe des schorls.

Les pierres magnésiennes, qui contiennent encore moins de terre quartzeuse que les schorls, sont aussi moins dures que ceux-ci.

Enfin les pierres argileuses sont les moins dures, parce qu'excepté les schistes quartzeux, elles contiennent peu de terre quartzeuse.

§. 889. Il n'y a donc que les gemmes qui présentent quelques difficultés à l'explication que nous donnons: mais la nature de la plupart de ces pierres est encore peu connue. *Klaproth* soupçonne que le jargon et l'hyacinthe contiennent une terre particulière; et nous ignorons avec quel acide cette terre peut être combinée, et le degré de dureté qu'elle peut acquérir dans cet état.

Il est possible que les autres gemmes contiennent la même terre, ou d'autres particulières. Leur pesanteur spécifique, plus considérable que celle des autres pierres, excepté le spath pesant, leur grande dureté..... indiquent qu'elles contiennent quelques principes qui leur appartiennent exclusivement.

Il se peut encore que ces mêmes gemmes contiennent quelques acides particuliers.

Le diamant, par exemple, paroît bien avoir un principe qui est en partie combustible, et qui peut volatiliser une partie de la pierre. Ce pourroit être un acide analogue à celui des métaux, par exemple, à l'arsenic, au zinc..... qui brûleroit comme eux, ou se volatiliseroit en emportant avec lui la partie terreuse de la pierre..... ou peut-être est-il un corps entièrement combustible, comme paroîtroient le prouver les expériences de *Tennant*.

Il se pourroit que les autres gemmes continssent quelqu'acide analogue à celui du diamant, ou tout autre, mais qui ne seroit pas combustible ni volatil à nos degrés de feu.

Le leucite paroît une espèce de verre naturel....

§. 890. Au reste, de toutes les gemmes il n'y a que le diamant, le saphir, le rubis..... dont la dureté soit bien supérieure à celle du quartz.

Il se pourroit que les oxides de fer, assez abondans dans ces gemmes, y fussent dans un état capable d'augmenter la dureté du quartz : plusieurs faits prouvent que les oxides de fer augmentent la dureté d'une pierre. Le diamant noir est plus dur que le diamant blanc ; le corrindon noir a plus de dureté que le blanc ; les grenats colorés sont plus durs que les blancs. En général toutes les gemmes colorées ont une plus grande dureté que celles qui ne le sont pas : il est des mines de fer, telles que l'émeril, qui ont la plus grande dureté.

Enfin la difficulté que peuvent présenter les gemmes ne sauroit affoiblir ce que nous avons dit sur la cause de la dureté des pierres, parce qu'on ne peut douter que l'analyse des gemmes ne soit très-imparfaite.

On pourroit objecter, que si la dureté de la plupart des pierres dont nous venons de parler, étoit due principalement à la combinaison de la terre quartzeuse avec son acide, elles devroient toutes avoir la figure du cristal de roche : car ce quartz cristallisé conserve sa forme primitive lorsqu'il contient de la chlorite, de même que le spath calcaire de Fontainebleau, qui contient un sablon quartzeux, ne change pas de forme.

Je réponds que cela seroit effectivement, si la terre quartzeuse combinée avec son acide enveloppoit seulement ces autres terres, comme elle

enveloppe quelquefois la chlorite ; mais les choses sont ici différentes.

Les autres terres sont dans un véritable état de dissolution, et sont combinées avec l'acide carbonique, comme la terre quartzeuse l'est elle-même : ce sont des sels doubles, des sels triples, des sels quadruples, qui ont un même acide combiné avec plusieurs bases, et qui cristallisent ensemble.

Prenons pour exemple la tourmaline ; elle est composée, suivant *Bergman*,

Terre quartzeuse,	0,37.
Terre argileuse,	0,39.
Terre calcaire,	0,15.
Oxide de fer,	0,09.

Supposons cette analyse exacte, quant à la nature et à la quantité des terres : ajoutons-y seulement un acide quelconque.

La terre quartzeuse est ici combinée avec son acide.

L'oxide de fer l'est également avec l'air pur et l'acide carbonique.

Il est vraisemblable que la terre calcaire y est aussi combinée avec l'acide carbonique, ainsi que la terre argileuse.

La tourmaline est donc, dans cette hypothèse, un cristal composé d'un acide et de quatre bases.

Or, des sels doubles, triples, quadruplés, ne conservent point la forme primitive d'un d'eux; mais ils prennent une figure composée, comme nous le voyons dans le sel tartreux de potasse, dans le tartre stibié, dans l'argent rouge, dans l'argent gris.....

§. 891. Je viens d'exposer ce qui me paroît le plus vraisemblable sur la cristallisation de chaque terre pure isolée, ou lorsqu'elles sont réunies plusieurs ensemble. Toutes les expériences connues me semblent prouver, qu'excepté la strontianitienne et la barytique, aucune d'elles ne sauroit cristalliser seule ou réunie, sans qu'elle soit combinée avec quelqu'acide.

Néanmoins l'autorité des savans distingués, qui pensent le contraire, m'empêche de rien prononcer à cet égard : il faut attendre de nouvelles expériences, pour décider la question.

Il paroît assez bien prouvé que le leucite est un véritable verre, comme les dépôts siliceux des eaux de Geyser en Islande.... or ces verres ont une dureté assez considérable..... De nouvelles expériences nous donneront certainement de nouvelles idées sur la nature des gemmes, et en général de toutes les pierres composées de plusieurs terres, et nous mettront à même de décider si ces différentes terres se servent mutuellement de

dissolvans, ou si elles sont combinées avec quelqu'acide.

DE LA CRISTALLISATION DES SELS NEUTRES.

§. 892. On appelle sel neutre une combinaison d'un acide avec une base quelconque. L'acide sulfurique, par exemple, combiné avec le natron, forme le sulfate de natron, ou sel de Glauber, qui est un sel neutre.....

Tous ces sels neutres cristallisent très-régulièrement : ce sont leurs cristallisations qui ont les premières attiré l'attention des cristallographes.

On distingue plusieurs espèces de sels neutres.

a Les sels neutres parfaits : ce sont ceux dont l'acide sature parfaitement la base; tel est le sulfate de natron.

b Les sels neutres avec excès d'acide : ce sont ceux dont la base n'est pas assez abondante pour saturer l'acide; tel est l'alun avec excès d'acide, la crême de tartre, composée d'acide du tartre et de potasse, de manière que l'acide domine...

c Les sels neutres avec excès de base : ce sont ceux en qui la base n'est pas parfaitement saturée par l'acide.

d Les sels neutres à double base : tel est le tartre stibié, qui est composé d'acide du tartre, de po-

tasse et d'antimoine; le sel de Seignette, qui est composé de potasse, d'acide du tartre combiné avec la potasse.

e Les sels neutres à triple base : ce sont des sels dont l'acide seroit combiné avec trois bases.

Il peut y avoir peut-être des sels neutres à quatre bases, à cinq bases.....

f Les sels neutres avec deux acides : ce sont des sels neutres qui n'ont qu'une base combinée avec deux acides.

Tous ces sels tenus en solution dans une grande quantité de liquide, ou dans un fluide aériforme, cristallisent aussi-tôt qu'ils se trouvent trop rapprochés; et ils affectent la forme régulière qui leur est propre.

DE LA CRISTALLISATION DES PIERRES QUI NE CONTIENNENT QU'UNE TERRE ET UN ACIDE.

§. 893. Toutes ces pierres doivent être regardées comme de vrais sels neutres pierreux, qui n'ont qu'une seule base combinée avec un seul acide : ce sont,

1°. Les pierres calcaires composées de terre calcaire et d'acide carbonique;

2°. Les gypses composés d'acide sulfurique et de terre calcaire;

3°. Les fluors composés de terre calcaire et d'acide fluorique ;

4°. Les boracites composés de terre calcaire et d'acide boracique ;

5°. Les appatits ou phosphates composés de terre calcaire et d'acide phosphorique ;

6°. Les tunstites composés de terre calcaire et d'acide tunstique ;

7°. Les barytites composés de terre pesante ou barytique, et d'acide sulfurique ;

8°. Les witterites composés de terre pesante ou barytique, et d'air fixe ou acide carbonique ;

9°. Les magnésites composés de magnésie et d'un acide quelconque ;

10°. Les quartz composés de terre quartzeuse et d'acide carbonique.

Toutes ces substances dans leurs cristallisations suivent les loix ordinaires de la cristallisation des sels neutres ; or, ou leur cristallisation est confuse, ou elle est régulière.

Si cette cristallisation s'opère d'une manière rapide et précipitée, comme celle du sel marin, du sucre.... qu'on fait cristalliser rapidement, elle sera confuse : telles sont les cristallisations

Des pierres calcaires communes,

Des marbres,

Des gypsés en masse,

Des spaths pesans en masse,

Des fluors en masse,
Des tunstites en masse,
Des magnésites en masse,
Des quartz en masse.

Mais si la cristallisation se fait avec beaucoup de lenteur et dans un lieu tranquille, elle sera régulière, et on aura des cristaux de ces différentes substances, plus ou moins volumineux; des cristaux de quartz pesant plusieurs quintaux. On trouve dans le Derbyshire des spaths calcaires métastiques très-réguliers, qui ont presque un pied de longueur, des fluors qui ont jusqu'à quatre à cinq pouces sur chaque face...

Dans les masses cristallisées confusément, il se rencontre souvent des géodes ou espaces vides; la nature y produit aussi-tôt des cristaux réguliers, parce qu'elle y met le temps nécessaire, et que la tranquillité s'y trouve: il est peu de grandes masses où ce phénomène ne se présente.

Il faut observer, que quoiqu'on suppose ces pierres homogènes, elles ne le sont jamais; il s'y trouve toujours quelques portions de terres étrangères, mais qui sont en trop petite quantité pour gêner la cristallisation; car lorsqu'elles sont trop abondantes, la cristallisation est troublée: c'est ce qu'on voit dans des schistes calcaires argileux, ou espèce de marne feuilletée, qui ne contiennent point ou peu d'oxide de fer; ils n'ont presque

point de dureté ; et la terre calcaire, quoique dissoute par l'acide carbonique, n'y cristallise que difficilement, et en molécules isolées, à cause de la quantité d'argile qui y est mélangée... Les silex, les agathes, les jaspes... ne cristallisent pas, parce qu'ils contiennent une portion de terres étrangères, qui gênent leur cristallisation...

DE LA CRISTALLISATION DES PIERRES HOMOGÈNES, COMPOSÉES D'UN OU PLUSIEURS ACIDES.

§. 894. CETTE classe de pierre est très-nombreuse, comme nous l'avons vu. Elle renferme les pierres quartzeuses, les gemmes, les schorls, les pierres smectites..... Leurs cristallisations sont très-régulières et très-variées.

Les différentes terres qui composent ces pierres sont sur-tout combinées, suivant moi, avec un ou plusieurs acides, mais le plus souvent avec le seul acide carbonique.

Elles peuvent s'unir ensemble en différentes quantités, et formeront autant de pierres diverses qu'il y a de combinaisons possibles entre elles. Il seroit facile de trouver par le calcul le nombre de ces combinaisons.

On supposeroit d'abord des combinaisons qui ne contiendroient que deux des cinq terres en

égale quantité; ce qui donneroit dix combinaisons.

D'autres combinaisons ne contiendroient que trois de ces terres en égale quantité; ce qui donneroit neuf combinaisons.

De troisièmes combinaisons contiendroient quatre de ces terres en égale quantité; ce qui donneroit quatre combinaisons.

Une quatrième combinaison contiendroit ces cinq terres.

Nous aurions en tout vingt-quatre de ces combinaisons.

Mais ces terres peuvent se trouver en différentes quantités; ce qui multiplie prodigieusement ces combinaisons.

Enfin ces terres peuvent être combinées avec un ou plusieurs acides; ce qui donnera encore de nouvelles combinaisons.

Nous allons donner quelques exemples de ces combinaisons.

Des smectites paroissent ne contenir que de la terre argilleuse et de la magnésie.

D'autres smectites contiennent magnésie, terre argilleuse et oxide de fer.

De troisièmes smectites contiennent quatre terres: la magnésie, la calcaire, la quartzeuse et la chaux de fer.

De quatrièmes smectites contiennent les cinq

terres, l'argilleuse, la calcaire, la quartzeuse, la magnésie et l'oxide de fer.

Toutes ces terres sont combinées avec l'acide carbonique.

Mais chacune de ces terres peut se trouver en différentes quantités dans la même substance. C'est ce que nous a fait voir l'analyse des différentes pierres : les quartzeuses, les gemmes, les schorls, les smectites.

En supposant, comme je le pense, que ces pierres contiennent d'autres principes que ces terres et ces airs : savoir, du fluide lumineux, du calorique, du fluide électrique, du fluide magnétique, du fluide éthéré... ces principes nouveaux augmenteront le nombre des combinaisons possibles.

Dolomieu a supposé que des terres composées pouvoient quelquefois se comporter comme des terres simples. Ainsi il suppose que

La *terre siliceuse* est composée de terre quartzeuse et de terre argilleuse ;

La *terre talqueuse* est composée de terre quartzeuse et de magnésie ;

Que ces deux terres se comportent comme des terres primitives.

Si cette hypothèse est fondée, ces deux terres formeront de nouvelles combinaisons.

§. 895. C'est dans le mécanisme de ces combinaisons nombreuses que consiste la formation des pierres de cette division, que nous ne connoissons pas encore toutes, et qu'il sera toujours difficile de distinguer, parce que ce sont des composés qui varient sans cesse et se rapprochent par des nuances insensibles.

L'imperfection même de nos analyses a pu nous tromper sur un grand nombre de ces substances; car il y en a dont il est difficile de découvrir la nature par l'analyse : ce sont celles qui contiennent une terre qu'on peut regarder comme leur étant étrangère. Des cristaux de quartz, par exemple, sont colorés par la chlorite, laquelle n'est qu'interposée entre les molécules du cristal, et lui est absolument étrangère. L'analyse qu'on feroit de ce cristal seroit donc absolument incomplète, puisqu'elle donneroit pour principes du quartz ceux de la stéatite.

Dans ce quartz on apperçoit facilement que la chlorite lui est étrangère; mais dans des substances opaques, comme les smectites, cette interposition d'une terre hétérogène ne pourroit être découverte. *Saussure* fils a fait voir que de la stéatite, interposée entre les lames du cyanite, avoit induit en erreur les chimistes qui l'avoient analysée.

Ces difficultés doivent rendre circonspect le

chimiste dans l'analyse de ces pierres, et lui faire rechercher les moyens pour se préserver de l'erreur.

Toutes ces différentes combinaisons se sont opérées dans la masse générale des eaux qui en tenoient tous les principes en dissolution ou en solution. Quelques-unes se sont faites en grande eau, d'autres dans des lieux retirés, et qui jouissoient d'un grand repos.

Elles ont ensuite cristallisé, suivant la loi des affinités :

Là, les pierres quartzeuses ;
Ici, les gemmes ;
Ailleurs, les schorls ;
Dans d'autres endroits, les smectites ;
Plus loin, les pierres argilleuses....

§. 896. Pour bien concevoir la cristallisation de ces espèces de pierres, il faut se rappeler celle des sels doubles, celle des sels triples, des sels quadruples.... qui sont composés de plusieurs substances réunies, lesquelles cristallisent d'une manière fort régulière. *Bergman* a fait une assez longue énumération de ces sels. (*Sciagraphie*, §. LXXV.)

« Ils sont composés en général, dit-il, de trois » principes et même davantage, tellement com- » binés, que l'on ne peut les séparer que par la

» cristallisation. En général, il distingue les sels » composés par le nombre de leurs principes, soit » que le même acide soit uni à plusieurs bases, » soit que la même base soit commune à plusieurs » acides, soit enfin qu'il y ait ensemble et plusieurs » bases et plusieurs acides. De-là naissent des sels » triples, des sels quadruples.... ».

La crême de tartre est composée d'acide tartareux et d'alkali végétal ou potasse ; c'est donc un sel neutre avec excès d'acide. Néanmoins elle se combine avec un grand nombre de bases, et elle forme des sels qui cristallisent très-régulièrement.

Avec la potasse elle forme le sel de seignette, ou sel tartareux de potasse.

Avec l'alkali ammoniacal, elle forme le sel tartareux ammoniacal.

Elle se combine aussi avec la terre calcaire, la magnésie, la terre argilleuse, et forme des sels qui cristallisent.

Combinée avec l'antimoine, elle forme le tartre stibié, qui cristallise très-régulièrement.

Elle se combine également avec la plupart des autres métaux, et donne des sels très-réguliers.

Tous ces sels sont donc composés d'un acide et de deux bases : savoir, l'acide tartareux, l'alkali de potasse, et l'autre base qu'on lui ajoute.

Nous avons quelques autres sels qui sont dans le même cas.

Faisons l'application de ces principes aux pierres dont nous parlons.

§. 897. Il est un grand nombre de ces pierres dans lesquelles on ne peut nier qu'un seul acide n'y soit combiné avec plusieurs terres.

Le marbre verd, dit *antique*, est composé de terre calcaire combinée avec l'acide carbonique, de magnésie combinée avec le même acide, d'oxide de fer combiné avec le même acide et de l'air pur; le plus souvent il contient encore de l'argile. Un seul acide, le carbonique, est donc combiné avec quatre bases dans cette pierre; la terre quartzeuse s'y trouve aussi elle-même.

D'autres pierres, qui rapprochent beaucoup du vert antique, contiennent une plus grande quantité de magnésie; telles sont les pozzevéras.... Cette magnésie y est aussi combinée avec l'acide carbonique.

Dans toutes ces espèces, la terre calcaire domine.

Plusieurs autres pierres réunissent également ces mêmes terres: la calcaire, la magnésienne, l'argileuse, la quartzeuse et l'oxide de fer; mais la magnésie y domine: telles sont les smectites, la stéatite, l'amianthe, l'asbeste.

L'argile domine, au contraire, dans un grand nombre de pierres, telles que le saphir....

Enfin la terre quartzeuse domine dans les pierres quartzeuses, les feldspaths, les petro-silex...

Quelques-unes de ces pierres cristallisent confusément, mais la plupart cristallisent régulièrement.

On peut donc regarder comme prouvé qu'un nombre de pierres calcaires et de marbres sont des sels à deux, trois et quatre bases : c'est-à-dire, que leur acide, le carbonique, est combiné principalement avec la terre calcaire; mais qu'il se trouve en même temps combiné, ou avec l'oxide de fer, comme dans le fer spathique, quelquefois avec l'oxide de manganèse, comme dans le braunspath; ou avec des oxides de fer et la magnésie, comme dans le vert antique; ou avec l'argile et l'oxide de fer, comme dans le marbre campan; et enfin souvent avec de la terre quartzeuse.

Les smectites sont également des sels qui ont un seul acide combiné avec plusieurs bases, savoir, la terre magnésienne, la terre calcaire, l'argileuse, la quartzeuse et les oxides de fer. Cet acide paroît également l'acide carbonique.

Les pierres argileuses sont encore des sels qui ont un seul acide combiné avec plusieurs bases.

Les pierres quartzeuses sont de même des

sels composés d'un seul acide et de plusieurs bases.

§. 898. Quoiqu'il me paroisse qu'on ne puisse pas douter de tous ces faits, cependant je ne saurois les prouver directement par les analyses de ces pierres, qui ne sont point encore assez avancées. Mais il est quelques pierres mieux connues, et dont les analyses bien faites ne laissent aucun doute sur les principes que je viens d'exposer.

Le spath boracique est un sel composé d'un seul acide, le boracique combiné avec quatre terres : (§. 359.)

Terre quartzeuse,	0,01.
Terre argileuse,	0,01.
Terre calcaire,	0,11.
Terre magnésienne,	0,13.
Oxide de fer,	0,01.
Acide boracique,	0,68.

Enfin il est des pierres dans lesquelles il y a plusieurs acides et plusieurs bases terreuses; tel est l'appatit de l'Estramadure, qui est composé de trois terres et de quatre acides: (§. 356.)

Terre calcaire,	0,59.
Terre quartzeuse,	0,02.
Oxide de fer,	0,02.
Acide phosphorique,	0,34.

Acide fluorique,	0,02½.
Acide marin,	0,00½.
Acide aérien,	0,01.

Il doit encore y avoir de l'air pur dans l'oxide de fer.

Il est vrai qu'il est possible que quelques-unes de ces terres ne soient souvent qu'interposées dans ces pierres, comme l'est la chlorite dans le quartz.

Les gypses de Montmartre contiennent jusqu'à un sixième de pierre calcaire. Ainsi la terre calcaire y est combinée avec deux acides, 1°. le sulfurique, 2°. le carbonique. La magnésie s'y rencontre aussi quelquefois. Il se peut que ces deux sels, le gypse et la pierre calcaire, n'y soient que mélangés.

Il seroit inutile de citer un plus grand nombre de ces sels pierreux à plusieurs bases. Leurs cristallisations s'opèrent suivant les mêmes loix que celle des sels neutres alkalins à plusieurs bases.

DE LA CRISTALLISATION DES PIERRES AGRÉGÉES, FORMÉES DE PLUSIEURS AUTRES PIERRES.

§. 899. Nous avons exposé ailleurs (§. 505 et suivans) la nature de ces pierres qui peuvent être formées de toutes les pierres simples qui existent:

il nous reste à examiner la manière dont plusieurs de ces pierres simples cristallisant ensemble, font une seule masse, sans néanmoins se confondre.

Pour saisir tout ce qui se passe dans cette opération (1), il faut bien avoir présens les phénomènes qu'offrent plusieurs sels qu'on fait cristalliser ensemble.

§. 900. Lorsque la cristallisation est précipitée, ils cristallisent confusément; on a une masse saline, dans laquelle on ne distingue aucune forme régulière.

Si la cristallisation est moins accélérée, les sels qui demandent une plus grande quantité d'eau de cristallisation, cristallisent les premiers régulièrement, et les autres d'une manière confuse. Du sel marin, par exemple, cristallisant avec du nitre, pourra cristalliser régulièrement, tandis que le nitre ne cristalliseroit que confusément.

Enfin, lorsque la cristallisation s'opère avec toute la lenteur nécessaire, on trouvera chaque sel cristallisé séparément, et d'une manière régulière.

Supposons de même une quantité d'eau quelconque, tenant en dissolution ou en solution une masse des pierres dont est composé le granit,

(1) Ceci est extrait de mon mémoire sur les cristallisations géologiques, *Journ. de Phys.* février 1793.

savoir, quartz, feldspath, mica, hornblende.... et suivons les différens temps de la cristallisation.

§. 901. I. Si la cristallisation est très-précipitée, toutes ces substances cristalliseront confusément; et on aura une pierre composée de toutes ces pierres, dont on ne distinguera aucune.

Telles me paroissent être à-peu-près certaines espèces de trapp que j'ai rencontré dans les montagnes primitives; ils sont colorés par la partie noirâtre du mica ou de l'hornblende. Le trapp analysé donne à-peu-près les mêmes produits que les différens cristaux qui composent le granit, savoir, terre quartzeuse 0,51, terre argileuse 0,15, chaux 0,08, oxide de fer 0,10.

La cornéenne a les plus grands rapports avec le trapp, dont elle ne diffère que parce qu'elle contient un peu plus de terre argileuse, de la magnésie, et moins de terre quartzeuse : elle a donc pu être produite comme le trapp par la cristallisation confuse des élémens d'une espèce de granit moins quartzeuse, que celui qui a donné origine au trapp.

Les différentes espèces de pétro-silex et de kératite, sont plus quartzeux que le trapp; ils seront formés par la cristallisation confuse des élémens d'une troisième espèce de granit très-quartzeux.

§. 902. II. Lorsque la cristallisation sera plus lente, sans avoir néanmoins tout le temps nécessaire, pour que toutes ces différentes matières cristallisent chacune régulièrement, il ne cristallisera que les substances qui exigent le plus d'eau de cristallisation, et nous aurons les porphyroïdes à base de pétro-silex, à base de trapp, à base de cornéenne; mais quelquefois il se sépare encore une petite portion de hornblende, qu'on apperçoit en masses séparées dans ces porphyroïdes, comme nous l'avons vu.

Enfin, lorsque cette hornblende se mêle avec la pâte du porphyroïde, on a les vrais porphyres.

Il paroît que c'est le feldspath à qui il faut le plus d'eau de cristallisation, c'est pourquoi il cristallise le premier.

L'hornblende cristallise après lui, parce que sans doute il lui faut également une certaine quantité d'eau de cristallisation.

On a demandé comment ces cristaux de feldspath se trouvoient noyés en partie dans la pâte du porphyre.

Il faut bien qu'ils aient été formés avant que cette pâte ait pris de la consistance; de même que les cristaux de sel marin se forment avant que le nitre, qui les enveloppe, cristallise confusément.

Il seroit sans doute difficile de déterminer tous les phénomènes de ces cristallisations; mais il est

certain qu'il faut que les cristaux de feldspath se trouvent englobés dans la pâte du porphyre, comme les cubes de sel marin se trouvent enfermés dans la cristallisation confuse du nitre.

§. 903. III. Si la cristallisation a été encore plus lente, on aura avec les cristaux de feldspath, une plus grande quantité de cristaux de hornblende.

En général les volumes de ces cristaux de feldspath et de hornblende dépendront de la lenteur de la cristallisation du porphyre. Dans le porphyre rouge, les cristaux de feldspath sont ordinairement petits, ce qui annonce une cristallisation moins lente que dans l'ophite ou porphyre vert, dont les cristaux de feldspath sont d'un assez grand volume, quoique n'ayant jamais de pyramides.

§. 904. IV. Si la cristallisation s'opère encore plus lentement, on aura une substance dont tous les cristaux seront plus ou moins réguliers et distincts; savoir :

Des cristaux de feldspath,
Des cristaux de mica,
Des cristaux de hornblende,
Des cristaux de quartz.

Mais il faut que le quartz cristallise avec beaucoup de difficulté; car quoiqu'on en trouve quelquefois de cristallisé dans la masse du granit, cela

est très-rare ; il ne prend ordinairement sa forme régulière que dans des petites géodes.

§. 905. V. Si le mica domine beaucoup dans la masse, on aura une cristallisation feuilletée, qui sera le granit veiné, le granit feuilleté, le kneis. Le feldspath ne s'y présente pas ordinairement en gros cristaux, mais en cristaux très-petits, et le plus souvent confus. Le quartz n'y est également qu'en petites masses communément : la quantité de magnésie a gêné cette cristallisation.

§. 906. VI. Si le mica y est encore plus abondant, on aura les schistes micacés.

§. 907. Ce que nous venons de dire des quatre élémens principaux des granits et des kneis, doit s'appliquer aux autres substances qu'on y trouve quelquefois, telles que la tourmaline, le grenat, l'hyacinthe, l'émeraude, le corrindon, l'amianthe, l'asbeste, le titane, la staurolite, la granatite, le cyanite.....

Cette théorie simple de la formation des pétrosilex, des trapps, des cornéennes, des porphyroïdes, des porphyres, des granits, des kneis, des schistes micacés.... explique pourquoi on trouve ces substances dans les mêmes lieux, et souvent mélangées et confondues.

On conçoit en même temps, que puisque les

granits ne contiennent pas tous les mêmes élémens, les uns étant composés de quartz et de hornblende, les autres de feldspath, de hornblende et de mica... la nature des pétro-silex, des trapps, des cornéennes, et des pâtes des porphyroïdes et porphyres, doit varier également.

§. 908. RÉSUMONS tout ce que nous venons de dire sur la formation de ces substances, qui ne sont que différentes manières d'être des élémens du granit. Ces élémens cristallisent-ils confusément et d'une manière précipitée? on aura,

1°. Les kératites et les pétro-silex, si le quartz domine, et qu'il y ait peu ou point de magnésie;

2°. Les trapps, s'il y a moins de quartz et un peu plus d'argile, avec quelque quantité de magnésie;

3°. Les cornéennes, les wakes, s'il y a plus de magnésie et encore moins de quartz;

4°. Les porphyroïdes qui auront pour base quelques-unes de ces trois substances;

5°. Les porphyres dont la pâte sera une combinaison analogue aux pétro-silex; elle sera mélangée avec de l'hornblende;

6°. Les granits vrais, lorsque la cristallisation se sera opérée avec le temps nécessaire, pour que chaque substance ait cristallisé plus ou moins distinctement;

7°. Les kneis, granits feuilletés, lorsque la partie micacée aura dominé dans la cristallisation;

8°. Les schistes micacés, si le mica y est encore plus abondant.

Cette manière d'envisager la formation de ces différentes substances, explique toutes les variétés qu'elles présentent; elles se rapprochent souvent, et se confondent au point, qu'on ne pourra décider l'espèce à laquelle elles appartiennent.

§. 909. On pourroit peut-être en conclure, qu'il faudroit classer les pétro-silex, les trapps, les cornéennes.... au rang des porphyres : on auroit tort. Je pense qu'il faut les laisser parmi les pierres composées, lorsque leur substance sera bien homogène; mais dès qu'on commencera à y appercevoir des substances distinctes, telles que des cristaux de feldspath, de hornblende... elles passeront aussi-tôt dans le genre des pierres agrégées, et deviendront des porphyroïdes, des porphyres....

On sait que les élémens des granits cristallisent ordinairement en parcelles assez petites, et bien mélangées, ce qui annonce que la cristallisation a été précipitée jusqu'à un certain point : néanmoins il arrive quelquefois que ces différentes substances dont est composé le granit, se déposent séparément en masses plus considérables. On

voit quelques-uns de ces morceaux, où le feld-spath est d'un côté, le quartz de l'autre, le mica à côté... et le tout en masses assez volumineuses... c'est que la cristallisation y a été plus lente.

§. 910. On doit étendre à toutes les autres pierres agrégées cristallisées, ce que nous venons de dire des porphyroïdes, des porphyres, et des granits différens. Toutes les substances diverses qui forment ces pierres étoient tenues en solution dans la masse des eaux; elles ont eu le temps de se séparer par les loix des affinités, et de cristalliser séparément.

Tous les granitoïdes (§. 511.) ont cristallisé de cette manière, ainsi que les pierres argileuses agrégées cristallisées (§. 515), les pierres calcaires agrégées cristallisées (§. 516), les pierres barytiques agrégées cristallisées, les pierres gypseuses agrégées cristallisées, telles que le gypse, qui contient le boracite (§. 359).....

Il faut dire la même chose des pierres agrégées empâtées, telles que les porphyrites (§. 527), les serpentines (§. 525), les amygdaloïdes (§. 527), les pierres argileuses agrégées empâtées (§. 528), les pierres calcaires agrégées empâtées (§. 529), les pierres barytiques empâtées....

La suite nécessaire de ces principes, est que les eaux dans lesquelles s'est formée la masse du

globe et ont cristallisé les diverses substances des terreins primitifs, les tenoient toutes en solution. Lorsque la cristallisation aura été précipitée, tout aura été confondu; lorsqu'elle aura été lente, chaque substance se sera séparée suivant les loix des affinités.

§. 911. Mais doit-on supposer que dans le moment qui a précédé la cristallisation du globe, toutes les substances diverses qui existent aujourd'hui dans les terreins primitifs, fussent formées, c'est-à-dire, que toutes les pierres quartzeuses, les diverses espèces de gemmes, de schorls, de pierres magnésiennes, argileuses, calcaires, barytiques, fluoriques, circoniennes... les substances métalliques, leurs minéralisateurs... enfin toutes les substances minérales qui sont dans les terreins primitifs... fussent tenues en solution dans la masse des eaux?

Ou peut-on dire que dans ces premiers momens la plus grande partie de ces combinaisons particulières étoient à la vérité formées, mais que toutes ne l'étoient pas: qu'ainsi, par exemple, il n'y avoit point de combinaison qui donnât l'appatit, le boracite, ou telle autre substance qu'on voudra supposer?

Voici comme je conçois la chose.

Lors de la grande cristallisation du globe, les terres primitives et leurs dissolvans, les substances

métalliques et leurs minéralisateurs, ainsi que toutes les autres substances primitives, étoient tenues en solution dans la masse des eaux; les diverses espèces d'air, le calorique, les fluides lumineux, éthéré, électrique, magnétique..... étoient mélangés avec toutes ces matières.

Il a commencé à se faire des combinaisons particulières de ces terres, avec quelques oxides métalliques, qui ont formé les quartz, les feldspaths, les micas, les hornblendes... dont sont composés les granits, les porphyres...

Ces diverses substances auront ensuite cristallisé, et auront formé, suivant les circonstances, des granits, des granitoïdes, des kneis, des porphyres, des porphyroïdes....

Dans d'autres circonstances, ces mêmes terres auront formé des pétro-silex, des trapps, des cornéennes...

Mais dans des endroits qui jouissoient d'un grand repos, des circonstances locales ont favorisé des combinaisons particulières de ces terres, qui ont donné les gemmes, les schorls, les smectites...

Les *fours à cristaux* en offrent une preuve. Ce sont des petites cavités dans lesquelles il devoit y avoir grand repos. On y trouve le quartz cristallisé en grandes masses, du titane, du thallite, de l'yanolite, de l'amianthe, de la stéatite, des cristaux de calcaire...

C'est dans de pareilles cavités, ou au moins dans des lieux tranquilles, que les élémens de toutes ces substances particulières se sont réunis, et ont formé des cristaux plus ou moins volumineux.

Et ce qui confirme de plus en plus que c'est le procédé de la nature, c'est qu'il demeure toujours une portion de ces substances confondue avec la masse qui les enveloppe : le plus souvent la gangue ou matrice de ces pierres en contient une portion considérable disséminée entre ses propres molécules, ainsi que nous l'avons vu. On peut même établir comme une vérité générale, qui néanmoins a quelques exceptions, que les matrices ou gangues qui renferment des pierres particulières, ou des substances métalliques, sont toutes plus ou moins imprégnées de la matière de ces substances, dont une partie n'a pu se séparer de la gangue, tandis que l'autre s'en est séparée, et a cristallisé distinctement, soit d'une manière régulière, soit d'une manière confuse.

§. 912. On en doit conclure, qu'en général toutes ces pierres particulières, gemmes, schorls... n'ont point existé confondues dans la masse totale des granits primitifs; il ne faut les regarder que comme des productions particulières, qui se sont formées çà et là par des circonstances locales, et

sur-tout dans des lieux tranquilles : je dis en général, parce qu'il peut y avoir des exceptions particulières. On trouve des hyacinthes, des grenats, des corrindons... dans la masse même de certains granits; mais ordinairement ces substances se rencontrent dans des gangues particulières, et absolument différentes des granits, ou porphyres primitifs. On les trouve plus particulièrement dans les kneis, ou terreins secondaires primitifs, que dans les vrais granits, ce qui peut faire croire que la plupart de ces pierres sont des productions postérieures aux grandes cristallisations primitives.

La gangue des gemmes est le plus souvent un ghur ferrugineux : c'est dans des terres ferrugineuses que se trouvent le diamant, l'aiguemarine de Sibérie, le péridot.....

Il seroit cependant possible, que ces substances particulières étant plus solubles que les élémens des granits primitifs, elles fussent demeurées dans les eaux-mères de ces cristallisations, comme y sont demeurés les élémens des kneis, des smectites, et ceux de la plupart des filons métalliques, et que par conséquent elles fussent formées dès ces premiers temps: mais il est plus vraisemblable que la plupart de celles qui se trouvent dans les kneis, ont été formées lors de la cristallisation de ces kneis, dans des lieux tranquilles, et par des combinaisons particulières des différentes terres.

§. 914. PEUT-IL encore se former de ces pierres particulières, des gemmes, des schorls ?...

Il est certain qu'il se forme journellement de nouvelles substances pierreuses; les silex, les agathes, les opales, les hydrophanes, les jaspes... sont des productions nouvelles: il se forme chaque jour du quartz. On voit aussi se produire dans les matières volcaniques, des zéolites, et peut-être un grand nombre d'autres substances, telles que le leucite...

Le boracite de Lunebourg est une production nouvelle...

Il est donc très-possible que dans des circonstances favorables, d'autres pierres, telles que des gemmes, des schorls..... se produisent journellement; et je ne doute pas que cela n'ait lieu très-souvent.

§. 915. POUR jeter plus de jour sur cette matière, examinons ce qui se passe dans les productions des sels que nous connoissons mieux.

Nous avons vu se former dans les nitrières un certain nombre de sels différens, et il ne s'en forme jamais d'autres. Les principes qui entrent dans leurs compositions, sont, 1°. l'air pur, 2°. l'azote, 3°. l'air inflammable, 4°. le calorique, 5°. l'eau, 6°. peut-être les fluides lumineux, électrique, magnétique, 7°. peut-être quelques terres.

Nous voyons également se former différentes pierres, et il ne s'en forme jamais d'autres. Les principes qui entrent dans leur composition, sont, 1°. la terre quartzeuse, 2°. l'argileuse, 3°. la magnésienne, 4°. la calcaire, 5°. la barytique, 6°. vraisemblablement le calorique, 7°. quelques acides, 8°. des oxides métalliques, 9°. peut-être le fluide lumineux, l'électrique, le magnétique...

Tous ces principes tenus en solution dans la masse des eaux, se sont combinés de la même manière que ceux qui se combinent dans les nitrières, pour former les différens sels : il en sera résulté les différentes pierres dont nous nous occupons. Pour connoître la manière dont elles se sont formées, suivons toujours ce qui se passe dans nos nitrières.

Si on en lessive les terres, qu'on évapore, et qu'on fasse cristalliser rapidement, on a un magma salin; mais lorsque la cristallisation n'est pas précipitée, chaque sel cristallise séparément en cristaux plus ou moins distincts...

On doit supposer que la même chose a lieu dans les grandes cristallisations minérales des substances dont nous parlons. Si la cristallisation a été rapide, toutes ces terres se réunissent, et forment des masses cristallisées confusément, telles que les cornéennes, les trapps, les pétro-silex...

Mais si les cristallisations se sont opérées lente-

ment, les choix d'affinités ont le temps de s'opérer; et on a des masses composées de cristaux plus ou moins distincts, plus ou moins volumineux, de ces différentes substances...

§. 916. Si on demandoit comment avec un aussi petit nombre de substances, savoir quatre à cinq terres, quelques oxides métalliques, quelques acides, on peut former une aussi grande quantité de pierres différentes..... je répondrai que la nature forme bien un plus grand nombre de substances salines, avec beaucoup moins de principes.

Mais les mêmes élémens qui forment les granits, les porphyres... ou plutôt les cristaux dont ils sont composés, peuvent-ils former les autres cristaux qui s'y rencontrent quelquefois, tels que les gemmes, les schorls, les smectites ?... Cela ne paroît pas douteux : il n'y aura d'autre différence que dans la manière dont ces principes se combinent. Ainsi que dans les nitrières, tel sel est produit plutôt que tel autre, par la manière dont se combinent leurs élémens. On a plus d'acide nitrique que d'acide muriatique, plus de potasse que de natron..... de même on a plus de feld-spath que de tourmaline, plus de mica que d'amianthe... Il ne nous est pas possible de dire pourquoi telle substance est plus abondante que telle autre, pour-

quoi il se forme plus d'acide nitrique que d'acide marin, de potasse que de natron...

Nous ne pouvons pas dire davantage pourquoi il se forme plus de feld-spath que de grenat, plus de grenat que de saphir...

L'acide boracique ne se forme que dans des circonstances rares.

Le diamant ne se forme également que dans des circonstances rares, ainsi que les autres gemmes.

Tous ces acides, tous ces alkalis, sont des productions nouvelles.

Tous ces cristaux particuliers sont vraisemblablement des productions nouvelles. Nous avons vu que chez les êtres organisés, il se produit journellement différentes terres, du soufre, du phosphore, des métaux, des pierres, le calcul, le tabasher...

Enfin la marche de la nature est la même dans la production de toutes ces substances, soit salines, soit minérales. Je me suis servi de la comparaison des substances salines, parce qu'on n'a aucun doute qu'elles ne se forment journellement par le concours des différens airs.... d'où on doit conclure que celles qui ont été produites primitivement, l'ont été par les mêmes moyens.

On ne doit pas plus douter que la formation des différentes espèces de pierres, n'ait été faite primitivement par le concours des terres, des oxides

métalliques.... et que journellement ces mêmes combinaisons n'aient lieu...

§. 917. On vient d'élever une question assez intéressante : on demande s'il peut y avoir cristallisation sans une dissolution préalable. *Dolomieu* croit qu'une substance peut cristalliser sans être dissoute, ni sans être tenue en solution : il suffit que ses molécules soient séparées ; et aussitôt qu'elles seront rapprochées par une cause quelconque, elles s'uniront et cristalliseront...

Il me semble que des molécules ainsi séparées, ne peuvent se rapprocher qu'autant qu'elles seront *tenues en solution* par un autre corps quelconque : mais ceci demande quelques éclaircissemens.

Un principe fondamental a toujours été que *corpora non agunt, nisi sint soluta ;* les corps (solides) n'agissent pas s'ils ne sont tenus en solution. Il faut exprimer ceci d'une manière plus générale et plus vraie : *Corpora non agunt, nisi sint fluida ;* les corps n'agissent pas s'ils ne sont pas fluides.

Or, nous avons vu que les fluides sont formés de molécules animées d'une force continuelle, et qui n'ont qu'une très-foible adhérence entre elles. Dès que cette force qui les tient toujours en mouvement, diminue, par l'absence du calorique or-

dinairement, ces molécules se rapprochent et cristallisent, comme nous le voyons dans la congélation de l'eau, de certaines huiles...

Si on supposoit que les molécules des solides pussent être dans un état de fluidité semblable, je conçois que cet état cessant, elles cristalliseront; or, il n'y a que le calorique qui produise cet effet, comme on le voit dans la fusion des métaux, du soufre, du phosphore...

L'état aériforme peut produire le même effet. Le cinabre en vapeurs cristallise ainsi que le sel ammoniac, et un grand nombre d'autres substances, les métaux eux-mêmes.

§. 918. Mais, dit-on, supposons des molécules d'un corps quelconque, non combinées; si on les approche les unes des autres, elles se combineront aussi-tôt.

Je demande qui est-ce qui les rapprochera, si ce n'est un corps qui les tient à l'état de solution? La terre marno-argileuse de Mesnilmontant, par exemple, contient des portions de gypse très-divisées : supposons-les non combinées, elles demeureront constamment dans cet état; mais que des pluies pénètrent ces terres, l'eau tiendra en solution une petite portion de gypse, elle la chariera; et dès que celle-ci en rencontrera une autre, elles s'uniront et cristalliseront.... c'est ce

que nous voyons tous les jours dans la formation des stalactites....

On répond que l'eau peut charier ces molécules sans les tenir en solution, comme les eaux d'un ruisseau charient les molécules de sable. Si ces grains de sable avoient une force d'affinité, ils se combineroient... Je conviens que ces combinaisons pourroient arriver quelquefois, mais assez rarement : car il ne suffiroit pas que ces molécules se touchassent, fussent contiguës ; il faudroit que ce fût par telles faces plutôt que par telles autres.... et ces positions ne peuvent s'affecter qu'autant que ces molécules jouissent de leur fluidité : *Corpora non agunt, nisi sint soluta.*

Au reste, il est prouvé par la figure de la terre, que toute la masse du globe a été dans un état de fluidité ; cette fluidité a été, ou l'effet de l'eau, ou l'effet du feu... Et comment les différentes substances premières, telles que le feu, le fluide lumineux, l'éthéré, l'électrique, le magnétique, l'eau, les terres, les substances métalliques... auroient-elles pu être formées avec les parties premières de matières, si elles n'avoient été dans un état de fluidité ?

On pourroit dire que les parties premières étoient fluides ; mais aussi-tôt que les terres, les métaux... ont été formés, ils ont perdu leur liquidité, comme nous le voyons pour certains sels....

Je ne crois pas que cela ait été ainsi, car les différens cristaux dont sont composés les granits, les porphyres... supposent que toutes les parties constituant ces pierres ont été dans un état de fluidité.....

DE LA CRISTALLISATION DES FILONS MÉTALLIQUES.

§. 919. On appelle *filon* une veine quelconque de substances hétérogènes au terrein dans lequel elles se trouvent, et qui le traverse dans une étendue plus ou moins considérable. Ce *filon* ou veine s'étend presque toujours en ligne droite; il traverse souvent plusieurs montagnes, plusieurs vallées, sans se déranger absolument de sa direction : cependant il est quelquefois interrompu par des masses étrangères, qu'on appelle *crins*, failles, sprun, ou par un autre filon qui coupe celui-ci.

(*EE, fig. 1, pl. III.*) Mais on le retrouve le plus souvent en suivant toujours la même direction.

La même montagne présente ordinairement plusieurs filons qui se croisent et se coupent en sens différens. On peut voir dans la *pl. III, fig. 1*, deux filons *AA*, *BB* se coupant au point *C*.

On nomme *affleuremens* les indices extérieurs d'un filon quelconque.

On distingue en général deux espèces de filons,

les uns sont pierreux, et les autres sont métalliques : on peut encore regarder les couches bitumineuses comme des espèces de filons.

Les filons pierreux sont des veines de pierres différentes de celles du terrein où ils se trouvent. On voit, par exemple, souvent des filons de quartz dans les granits primitifs et dans les kneis.

Les filons métalliques dont il s'agit dans ce moment, sont des veines qui renferment une ou plusieurs substances métalliques.

§. 920. Les minéralogistes distinguent en général deux espèces de filons métalliques.

«Le filon, dit *Oppeln* (1), est une fente ou »séparation dans une montagne, d'une grande »étendue, remplie d'une substance pierreuse, »différente de celle dont est composée la mon»tagne dans laquelle elle se trouve. Il y a deux es»pèces de filons, le *floz* et le *gang*.

»Le *floz* ou couche est composé d'une subs»tance entièrement différente de celle dont est »formée la montagne dans laquelle il se trouve, »ou au moins il contient des parties hétérogènes: »le *floz* est toujours parallèle aux couches de la »montagne dans laquelle il se trouve.

»Le *gang* est une fente ou séparation dans une

(1) Journ. de Phys. page 337, ann. 1792.

» montagne dont la direction diffère souvent des » couches de la montagne même, et qui dans la » suite s'est trouvée remplie d'une substance éga- » lement différente de celle qui constitue la mon- » tagne dans laquelle il se trouve ».

On distingue dans un filon le toît *T*, le mur *M*, la salbande *SS*, l'inclinaison et la direction.

Le toît est la partie qui recouvre le filon.

Le mur est la partie sur laquelle repose le filon.

La salbande est une partie terreuse ou pierreuse, qui accompagne le minérai contenu dans le filon : car tout l'espace compris entre le toît et le mur n'est pas rempli de minérai ; il y a presque toujours une partie argileuse, ou de toute autre nature, qui accompagne le minérai.

Enfin, dans cette salbande, on distingue les deux portions qui touchent le toît et le mur : on les appelle *lisières* du filon.

L'inclinaison du filon se mesure par sa direction relativement à la verticale.

La *tête* du filon est sa partie supérieure la plus proche de la surface de la terre : on mesure l'inclinaison par le nombre de degrés dont la direction du filon s'écarte de la verticale.

La *direction* se mesure relativement à sa marche au sud ou au nord. On dit : Tel filon court du sud au nord, ou de l'est à l'ouest.

La puissance d'un filon est son épaisseur.

La plupart des mineurs soutiennent qu'en général la tête des filons a plus de puissance, c'est-à-dire, que sa plus grande épaisseur est vers la surface de la terre, et qu'elle diminue en s'enfonçant, en sorte qu'elle affecte la figure d'un coin, comme le filon *VZ*, *fig. 1, pl. III.* Ceci peut être vrai en général, mais souffre néanmoins beaucoup d'exceptions.

Il y a des filons horizontaux, ou à-peu-près horizontaux.

D'autres sont verticaux.

Enfin de troisièmes sont en partie horizontaux et en partie verticaux, tel que celui d'Ilmenau en Thuringe, *CC*, *fig. 3*, *pl. III.*

Mais on trouve le plus souvent, dans la même montagne, comme à Allemont, plusieurs filons qui se coupent; les uns sont presque horizontaux, les autres sont plus ou moins inclinés.

Le plus grand nombre des filons est incliné, et même les plus riches le sont souvent de 40 à 60 degrés.

§. 921. Les filons se trouvent dans toutes sortes de terreins; il y en a dans les granits. J'en connois un de galène dans des granits primitifs, à Propières, proche Beaujeu.

D'autres sont dans des pétro-silex; tels sont la plupart de ceux de Giromagni.

De troisièmes sont dans des trapps : on trouve aux Pyrénées des trapps remplis de pyrites.

D'autres se trouvent dans des kneis, comme les montagnes des Chalanches en Dauphiné.

Il y en a dans de l'hornblende et de la cornéenne, également aux Chalanches.

Plusieurs sont des espèces de schistes argileux, comme ceux de Poullaouen en Bretagne, la plupart de ceux du comté de Mansfield.

La plupart des riches filons du Hartz sont dans une espèce de schiste argileux, et dans un grès gris, qu'on appelle dans le pays *grane wacke*.

Plusieurs filons sont dans des terreins calcaires coquilliers. La montagne de Bleyberg en Carinthie offre des filons très-remarquables; elle est composée de couches calcaires coquillières, dans lesquelles se rencontrent ces belles lumachelles coquillières: ce sont bien certainement des dépôts secondaires et tertiaires. Ces couches sont inclinées sous un angle de 40 à 50 degrés; elles sont séparées par des filons de galène, dans lesquels se trouvent les plombs jaunes : il y a quatorze de ces filons de galène qui alternent avec le même nombre de couches calcaires.

Néanmoins les terreins dans lesquels se trouvent le plus fréquemment les filons, sont les primitifs secondaires.

§. 922. L'ORIGINE des filons a été le sujet de grandes discussions parmi les minéralogistes. *Agricola* (1) soutient qu'il s'est formé des fentes dans les montagnes qui les contiennent. Ces fentes sont plus larges vers la surface de la terre *V*, *fig. 1*, *pl. III*, et se terminent en coins vers leurs parties inférieures *Z*: postérieurement elles ont été remplies par les substances qui composent les filons. Ce sentiment a été adopté par la plupart des minéralogistes.

Il y a deux opinions sur la manière dont ces fentes ont été remplies. *Agricola* pense que la salbande y a été apportée par les eaux qui l'avoient détachée des montagnes, et que la partie métallique doit sa naissance à la dissolution de la terre et de l'eau, qui, par le concours de la chaleur, ont été réduites en métaux.

Beccher a dit (2) que les différens minérais métalliques avoient été volatilisés par la chaleur souterraine, et qu'ils étoient venus se déposer dans ces fentes ou dans des matières propres à leur formation. Il se représente le centre de la terre comme un grand vide rempli d'un fluide ou d'une vase sulfureuse ou bitumineuse, d'où s'échappent les vapeurs qui coopèrent à la forma-

(1) *De arte et causis subterraneorum.*

(2) *Physica subterranea.*

tion des minéraux. Cette opinion a été adoptée par plusieurs minéralogistes ; mais elle ne me paroît pas suffisamment appuyée par les faits.

1°. Les substances métalliques, excepté le mercure, ne se volatilisent qu'à un degré de chaleur considérable. L'or, l'argent... par exemple, ne peuvent être volatilisés qu'à la chaleur du verre ardent : or il n'existe pas de pareille chaleur dans l'intérieur du globe ; et quand cette chaleur se rencontreroit dans quelques circonstances, comme auprès des foyers des volcans, ces matières se refroidiroient bientôt, et ne pourroient parvenir à l'extrémité du filon. On ne peut donc admettre cette cristallisation des substances métalliques, qu'auprès de quelques volcans, comme celle de la rubine d'arsenic, du fer spéculaire volcanique...

2°. Il y a des filons pierreux, comme nous l'avons vu ; par exemple, des filons de quartz : or ceux-ci n'ont pu être volatilisés.

3°. Dans les filons métalliques, il se trouve des salbandes terreuses, et différentes substances pierreuses cristallisées ; telles que des quartz, des fluors, des barytites, des calcaires... intimement mélangés avec le minérai.

Ces raisons sont tellement convaincantes, que l'opinion de la formation des filons métalliques par vaporisation, a été presque généralement abandonnée.

§. 923. La plupart des minéralogistes ont adopté une autre manière de faire remplir ces fentes par les substances minérales; les uns font ouvrir ces fentes sous les eaux mêmes. « *Beaumez* a dit que »les filons furent formés sous l'ancienne mer, »et même leur intérieur renferme souvent des »corps marins ».

D'autres, tels que *Gerhard*, ne font ouvrir ces fentes qu'après que les montagnes furent sorties du sein des eaux; et ils ajoutent que les eaux sont revenues postérieurement, et y ont apporté des substances métalliques et des parties terreuses, qu'elles ont déposées pour former les filons et leurs salbandes.

Werner suppose aussi que les filons sont des fentes qui ont été remplies par en haut, par des substances métalliques.

Je ne pense pas qu'on puisse soutenir davantage ce sentiment.

1°. Les filons ou horizontaux, ou inclinés moins de 60 à 70 degrés, n'auroient pu être formés de cette manière, puisque toute fente un peu considérable, horizontale ou inclinée de 60 à 70 degrés, est impossible; le toît retomberoit aussi-tôt sur le mur : or il y a un grand nombre de filons presque horizontaux; et la plus grande partie des filons est inclinée de moins de 60 degrés.

Il n'y auroit donc tout au plus que quelques

filons verticaux, ou presque verticaux, pour lesquels on pourroit admettre cette hypothèse. Mais ces filons sont en très-petit nombre ; et l'analogie dit qu'ils doivent avoir été formés comme les autres : car il en est de ces filons verticaux, dont une partie devient horizontale; telle que celui d'Ilmenau (*fig. 3, pl. III*). On ne sauroit dire que la partie horizontale a été formée par cristallisation avec les couches de la montagne, et que l'autre portion, la verticale, a été déposée dans une fente.

Nous avons vu que la même montagne contient plusieurs filons, qui se coupent et se croisent en différens sens; que les uns sont presque horizontaux, et les autres plus ou moins inclinés. Il faudroit donc supposer dans la même montagne autant de fentes différentes ; or cela est impossible, parce que par-tout le *toit* retomberoit sur le *mur*, c'est-à-dire, les couches supérieures sur les couches inférieures : rien ne pourroit supporter ces couches supérieures.

2°. Il y auroit même, entre les différentes veines, des portions, telles que *A*, *B*, *C*, qui n'auroient aucun support, puisque de tous les côtés elles reposent sur les filons (*fig. 1, pl. III*).

3°. Il n'est pas vraisemblable que les eaux venant remplir postérieurement ces fentes, n'y eussent apporté que tels minérais, par exemple, et

telle salbande ; c'est contraire à toute analogie.

4°. Les fentes que nous connoissons dans le sein des montagnes ne ressemblent point aux filons : ceux-ci sont ordinairement à-peu-près en ligne droite, se prolongent souvent à plusieurs lieues en coupant différentes montagnes... et les fentes, au contraire, ne sont presque jamais en ligne droite.

5°. Quoique quelques filons soient plus larges vers la surface de la terre, il n'est pas rare de voir le contraire.

6°. Enfin nous verrons que l'opinion de ceux qui pensent que les eaux sont revenues couvrir plusieurs fois les continens, n'est rien moins que prouvée. (§. 1467.)

7°. Quant aux corps marins ou aux végétaux qu'on a trouvés dans quelques filons, ce n'est jamais dans ceux des terreins primitifs, mais dans ceux des terreins secondaires, comme à Pontpéan en Bretagne...

§. 924. On pourroit peut-être dire que la fente qui renferme le filon, a existé d'abord dans la montagne, ou s'y est formée ; que le minérai existoit également dans cette montagne, épars et disséminé comme sont les *mouches O* ; que les eaux circulant dans la montagne, ont dissous ce minérai, et l'ont apporté dans la fente où elles se rendoient par une espèce de transsudation, de la

même manière qu'elles forment, dans les mêmes fentes, des stalactites... C'est à-peu-près l'opinion de *Delius*.

Lorsqu'on pénètre dans des galeries minérales, abandonnées depuis long-temps, on reconnoît que les eaux ont agi sur ce minérai, et ont souvent produit de nouvelles espèces de mines, qu'elles ont charriées plus ou moins loin. Si ces eaux ainsi chargées de minérais, rencontroient une fente ou une cavité, elles pourroient y former des filons ou des mines en rognons.

Je répondrai que cette hypothèse ne seroit pas contraire à mon opinion, puisque dans ce cas, le filon ou le rognon seroit toujours produit par cristallisation, et suivant les loix des affinités. Mais il me semble que cette hypothèse ne peut s'appliquer qu'à quelques cas particuliers, et nullement aux grands filons, qui traversent plusieurs montagnes et ont plusieurs lieues de longueur; car il faut premièrement supposer l'existence de ces fentes. Or, j'ai fait voir que de pareilles fentes n'auroient pu subsister, et que les filons ne ressemblent nullement aux fentes que nous connoissons.

La plupart des montagnes où se trouvent les filons, sont de pierres dures, qui, dans ce moment, ne peuvent laisser suinter l'eau. Or, ces pierres, lors de leur cristallisation, avoient à-peu-près la

même dureté qu'aujourd'hui : l'eau n'a donc pu les traverser.

Les eaux qu'on rencontre dans les filons n'y arrivent ordinairement que par des fentes particulières ; et c'est sur-tout depuis l'ouverture des galeries qu'on y a pratiquées.

Enfin, quelques transsudations particulières n'ont aucun rapport avec la masse immense de certains filons, qui ont une épaisseur considérable, une grande profondeur, et une longueur de plusieurs lieues.

Pour répondre à la difficulté qu'offrent les filons plus ou moins horizontaux, on a été obligé de dire que tous ces filons, qui ne sont pas verticaux aujourd'hui, l'ont été primitivement, et qu'ils ne se trouvent maintenant horizontaux, ou plus ou moins inclinés, que parce que la montagne qui les renferme a été culbutée. Plusieurs filons se trouvent-ils dans la même montagne ? on prétend que la montagne a été renversée autant de fois...

Je conviens que ce renversement des montagnes a pu avoir lieu dans quelques circonstances. Nous verrons que plusieurs couches de différentes substances, qui sont aujourd'hui verticales, ou approchant de la verticale, ont dû être, dans le principe, horizontales, ou à-peu-près horizontales. Mais cela ne pourroit s'appliquer que rarement aux filons métalliques, car il est peu de montagnes

considérables, à filons, que les veines ne traversent en différentes directions; tel qu'on ne peut supposer que des fentes semblables aient subsisté dans le même moment, ni que la montagne ait été renversée autant de fois différentes : ces suppositions sont contraires aux analogies.

Henckel croit que les principes des métaux se trouvoient dans les pierres même, qu'il s'y excitoit une fermentation qui achevoit de les développer.

Zimmerman pense que les filons métalliques ont été formés par la transmutation des substances pierreuses en métaux. Mais il est bien reconnu aujourd'hui que ces transmutations n'ont pas lieu; et d'ailleurs, pourquoi ne se feroient-elles que dans telle partie de la montagne, et non pas dans telle autre?

§. 925. Je regarde les filons, soit métalliques, soit pierreux, comme ayant été produits par *cristallisation*, dans le même temps que les montagnes où elles se trouvent. Les matières métalliques et pierreuses, ainsi que les terres qui composent la salbande du filon et ses lisières, étoient mélangées avec les élémens qui forment la masse du globe; elles se sont séparées de ceux-ci par affinité, et se sont réunies par voie d'élection. Mais rapprochons cette formation des filons de la cristallisation générale du globe.

Nous avons vu (§. 840) que l'intérieur du globe a une densité beaucoup plus grande que celle de sa surface.

Nous avons vu (§. 725) que le magnétisme du globe suppose qu'une grande quantité de matières ferrugineuses s'est déposée le long de son axe.

D'ailleurs, il est conforme aux loix de la pesanteur, que les parties les plus pesantes aient gagné l'intérieur de la terre : on ne sauroit donc douter qu'il n'y ait une grande quantité de matières métalliques déposées dans les couches intérieures de la terre. En suivant ces analogies, on peut présumer qu'elles y sont mélangées alternativement avec les substances pierreuses, et y forment des filons comme dans les couches extérieures du globe.

Une seconde partie de ces substances métalliques aura demeuré dissoute dans les eaux, conjointement avec les portions qui ont formé les terreins primitifs des couches extérieures du globe; tels que granits, porphyres, pétro-silex, trapps... Une portion se sera déposée avec ces couches extérieures, et y aura formé nos filons par voie de cristallisation.

Enfin une troisième partie de ces mêmes substances métalliques, sera demeurée en solution dans le résidu des eaux, ou eaux-mères, et aura

formé une partie des filons qui se trouvent dans les terreins secondaires et tertiaires.

Ces substances métalliques se sont constamment réunies par voie d'élection, pour former les filons, suivant une inclinaison et une direction quelconque : il en sera cependant demeuré quelquefois des portions éparses dans la masse de la montagne, et trop éloignées des autres pour venir s'y réunir. Ce sont ces parties *O* que les ouvriers appellent *mouches* : ces mouches prouvent de plus en plus que le minérai étoit épars et confondu avec les autres substances qui composent la masse de la montagne. *Giromagni* fournit une preuve frappante de ces vérités. Les filons métalliques y sont très-multipliés, et toute la masse des montagnes, qui est en grande partie de pétro-silex, est remplie de mouches métalliques, lesquelles sans doute n'ont pas eu le temps de venir se réunir aux filons.

Quant aux filons-couches, *floz*, comme ceux de *Bleyberg*, où les filons alternent avec les couches de la montagne, il est évident que ces filons ont été déposés alternativement avec les couches calcaires. Il a été déposé d'abord une couche calcaire, puis une couche métallique, ensuite une couche calcaire, une quatrième couche métallique.... toutes ces couches n'ont pu être formées que suivant les loix des affinités.

Tous ces faits réunis ne me paroissent laisser aucun doute que l'origine des filons ne soit due à la cause que j'assigne, et qu'ils n'aient cristallisé à la même époque que la montagne où ils se trouvent. Car s'il est prouvé, comme on ne peut en disconvenir, qu'il y a un très-grand nombre de substances métalliques dans l'intérieur du globe, qu'elles y ont été déposées avec les terreins qui les renferment, pourquoi la même chose n'auroit-elle pas lieu dans les couches extérieures qui forment la surface du globe ?

§. 926. Mais je ne nierai pas que dans des circonstances particulières, il se soit formé des fentes dans cette croûte extérieure, à l'époque où elle étoit encore sous les eaux, et que des matières métalliques s'y soient déposées. On cite des filons qui commencent dans des terreins primitifs, et se propagent dans des terreins secondaires : si ce sont bien les mêmes filons non interrompus, ils auront pu être produits par cette cause...

Des montagnes, après être sorties des eaux, ont encore pu se fendre, comme nous en voyons; et des filons s'y seront formés par le moyen des eaux qui circulent dans la montagne, et y auront apporté des parties métalliques...

Je ne disconviendrai pas non plus que des montagnes culbutées ne nous présentent des filons ho-

rizontaux, qui ont été primitivement verticaux....

Mais tous ces faits ne doivent être regardés que comme des cas particuliers, et ne peuvent faire abandonner la cause générale que j'ai assignée.

De la manière dont les filons métalliques ont cristallisé.

§. 927. Il faut rechercher maintenant comment les différentes substances métalliques ont pu cristalliser pour former les filons; et il y a plusieurs questions à examiner.

La première est de savoir comment ces substances et leurs minéralisateurs ont pu être tenus en solution dans les eaux; car leur cristallisation n'ayant pu s'opérer par le feu, il faut donc qu'elles aient été dissoutes par les eaux: or je crois avoir prouvé d'une manière satisfaisante comment l'eau a pu les dissoudre (1).

Parmi les minéralisateurs, on compte plusieurs acides:

1°. L'acide carbonique,

2°. L'acide sulfurique,

3°. L'acide phosphorique,

4°. L'acide marin ou muriatique,

(1) Journ. de Phys.

5°. L'acide fluorique,

6°. L'acide arsenique,

7°. L'acide tunstique,

8°. L'acide molybdique.

Or, tous ces acides sont solubles dans l'eau, et par conséquent, l'eau chargée de ces acides a pu attaquer les substances métalliques, les dissoudre, en former des sels neutres, c'est-à-dire, les minéraliser, et les tenir en état de dissolution.

Parmi les autres minéralisateurs, se trouvent :

9°. Le soufre,

10°. Les sulfures ou foies du soufre,

11°. L'air inflammable sulfureux ou hépatique; hydrogène sulfuré;

12°. Le phosphore,

13°. Les phosphures,

14°. L'air inflammable phosphorique, ou l'hydrogène phosphoré.

Le soufre et le phosphore sont, il est vrai, insolubles dans l'eau, lorsqu'ils sont purs; mais ils s'y dissolvent facilement quand ils sont à l'état d'hépar, c'est-à-dire, de sulfure ou de phosphure; or, ils passent à l'état de sulfure et de phosphure, en se combinant avec les terres caustiques; telles que la terre calcaire, la magnésie, la terre pesante...

Ces mêmes soufre et phosphore se combinent également avec les oxides métalliques, et for-

ment des hépars, qui sont aussi très-solubles dans l'eau.

Les airs inflammable, sulfureux et phosphorique se dissolvent également dans l'eau avec grande facilité.

L'eau pourra donc encore se charger de ces six substances, qui dans cet état minéraliseront les différentes substances métalliques, et les rendront solubles. On sait que le foie de soufre dissout tous les métaux, l'or lui-même.

Hoffman a fait du cinabre par cette voie, en mêlant du mercure avec de l'hépar ammoniacal liquide.

Or, la plupart des mines minéralisées par le soufre, donnent l'odeur hépatique : ce qui prouve que le soufre y est, ou y a été, non comme soufre, mais comme hépar ou sulfure.

La même chose doit avoir lieu pour le phosphore.

15°. La plombagine sert quelquefois de minéralisateur ; elle paroît composée d'une petite portion de fer et d'une grande quantité de charbon : or le charbon est soluble dans l'eau, par le moyen des alkalis et des terres caustiques.

16°. L'arsenic à l'état d'oxide se dissout facilement dans l'eau ; sous cette forme, il se combine avec les alkalis ; et toutes les terres caustiques, la chaux, la magnésie, la terre pesante... ces

nouveaux composés sont également très-solubles dans l'eau.

L'oxide d'arsenic peut également se combiner avec d'autres oxides métalliques, et former des composés que l'eau dissout.

Cet oxide d'arsenic pourra donc, sous ces différentes formes, servir de minéralisateur, et tenir les substances métalliques en état de solution dans l'eau.

17°. D'autres oxides métalliques sont également solubles dans l'eau.

J'ai prouvé que les oxides de zinc s'y dissolvoient :

Ceux d'antimoine s'y dissolvent pareillement...

Tous ces oxides pourroient donc, sous ces formes, se combiner entre eux, ou avec d'autres oxides métalliques, et même avec des régules.

Ces combinaisons se feront encore plus facilement par l'intermède des sulfures, des phosphures, des arseniures...

18°. Le natron fait quelquefois fonction de minéralisateur; car plusieurs eaux minérales contiennent du fer combiné avec le natron.

19°. L'alkali ammoniacal, qu'on rencontre auprès des volcans, peut ensuite être dissous par les eaux, et servir de minéralisateur, sur-tout pour les mines de cuivre : cela pourroit se rencontrer

plus facilement dans les endroits où il y a des volcans éteints.

20°. Le sel ammoniac qu'on trouve parmi les matières volcaniques, minéralise souvent le fer et le cuivre qu'il volatilise; or ces sels sont solubles dans l'eau.

21°. Toutes les terres pures, ou à l'état de causticité, telles que la calcaire, la pesante, la magnésie, l'argileuse, la quartzeuse, la strontianitienne... sont plus ou moins solubles dans l'eau; elles pourront donc se combiner avec les oxides métalliques, et leurs régules.

Le fer spathique contient jusqu'à 0,38 de carbonate calcaire.

22°. L'eau elle-même se trouve combinée dans plusieurs mines; telles que les calamines, les oxides de cuivre...

23°. L'air pur ou oxygène,

24°. L'air impur ou azote,

25°. L'air inflammable ou hydrogène.

Ces trois espèces d'air, qui sont des minéralisateurs, sont très-solubles dans l'eau : il n'est pas d'eau qui ne contienne de l'air pur et de l'air impur.

L'air inflammable se trouve dans l'eau des marais.

Or, l'eau chargée de ces airs peut attaquer les métaux.

L'eau chargée d'air pur attaque le plomb, le cuivre, le fer...

L'air impur ou azote s'y combine également.

L'eau chargée d'air inflammable noircit plusieurs métaux; elle pourra même revivifier des oxides métalliques; et sans doute plusieurs des métaux natifs sont dus à cette cause.

L'acide et l'oxide d'arsenic se revivifient avec beaucoup de facilité par l'air inflammable, et donnent le régule d'arsenic natif.

26°. Le mercure est combiné sous forme d'amalgame avec différens métaux : mais tout ceci s'opère par un simple mélange mécanique...

27°. Les mines bitumineuses sont aussi produites par un simple mélange mécanique du métal avec la substance bitumineuse.

On voit quels sont les agens qui ont tenu en solution dans les eaux, les substances métalliques et leurs minéralisateurs.

§. 928. Il se présente maintenant d'autres questions à résoudre.

On demande comment ces différentes substances ont cristallisé ensemble confusément, et non séparément.

Pourquoi dans certaines mines, contenant par exemple, argent, fer, cuivre, antimoine, arsenic, soufre, zinc... toutes ces substances cristalli-

sent-elles ensemble d'une manière confuse, et non pas chacune séparément ?

Tous ces phénomènes tiennent à la théorie de la cristallisation.

Lorsque plusieurs substances sont dissoutes ensemble, et que leur cristallisation est précipitée, elles cristallisent ensemble d'une manière confuse.

Mais si la cristallisation se fait avec lenteur, chacune de ces substances cristallisera distinctement, et d'une manière plus ou moins régulière.

Lors de la cristallisation de plusieurs substances métalliques minéralisées, et qui sont mélangées, elles cristalliseront confusément, si la cristallisation a été trop précipitée; telles sont les masses du minérai, qui forment les filons de Baigorri, du Hartz, de Sainte-Marie, d'Allemont... lesquels contiennent fer, cuivre, argent, zinc, arsenic, cobolt, mercure, soufre...

Mais lorsque la cristallisation s'est faite avec moins de précipitation, chacune de ces substances cristallise séparément, et d'une manière régulière. Ainsi, dans les lieux tranquilles de ces filons, dans des géodes, on trouve de beaux cristaux de ces différentes substances; tels que

Argent vitreux,
Argent rouge,
Argent gris,
Cuivre gris,

Pyrite,
Blende,
. . . . . .

La même chose a lieu dans tous les riches filons.

Et ce qui prouve de plus en plus que c'est la vraie marche que suit la nature, c'est que dans ces mêmes géodes, dans les mêmes endroits où se rencontrent les cristaux des substances métalliques minéralisées, on trouve différens cristaux pierreux; tels que quartz, spaths fluors, spaths calcaires, spaths perlés...

Or, nous avons vu que ces cristaux pierreux exigent des lieux tranquilles pour cristalliser ainsi d'une manière régulière, et chacun séparément.

Quoique tout ce que nous venons de dire sur la cristallisation des substances métalliques, soit fondé sur les principes les plus certains de la chimie, il nous reste encore quelques difficultés à éclaircir. Les métaux natifs, tels que l'or, l'argent, le cuivre.... se rencontrent très-souvent au milieu des pierres, plus ou moins durs, et ils sont quelquefois cristallisés. Ainsi l'or se trouve ordinairement au milieu du quartz, et il y est en lames assez larges, en filets, en végétation; enfin on trouve des pepites d'or qui pèsent jusqu'à 20 à 30 marcs... il s'agit de savoir par quels agens ces métaux ont été tenus en solution.

Je pense qu'ils étoient le plus souvent minéralisés par un sulfure. L'or et l'argent natifs paroissent venir principalement de la décomposition de pyrites aurifères et argentifères; le soufre s'est dissipé, et le métal est demeuré natif: nous voyons journellement l'argent vitreux, ou sulfure d'argent, passer à l'état d'argent natif.

§. 929. Les plus riches filons existent dans les kneis, ou granits secondaires, ou schistes micacés. Je crois qu'on en peut assigner la cause d'après les faits que nous venons d'exposer.

Ces kneis et schistes micacés exigent moins d'eau pour cristalliser que les granits primitifs. Leur cristallisation a donc été postérieure à celle de ces granits; aussi les kneis ont-ils cristallisé dans les eaux-mères qui sont demeurées après la grande cristallisation de la masse du globe.

Toutes les autres substances aussi solubles que les kneis, et qui exigent aussi peu d'eau de cristallisation, seront également demeurées dans les eaux-mères, et cristalliseront avec ces mêmes kneis, en obéissant toujours aux loix des affinités. Or, nous avons vu qu'une partie des substances métalliques combinées avec leurs minéralisateurs, sont demeurées dans les eaux-mères avec ces kneis, une partie aura par conséquent cristallisé avec eux; enfin il en sera demeuré une troisième

partie en solution dans les eaux, laquelle n'aura cristallisé qu'avec les terreins secondaires.

Il se présente encore une question, c'est de savoir pourquoi ces filons sont toujours en ligne droite, et traversent sous cette direction plusieurs montagnes; ils se dévient bien quelquefois de 10, 20, 30... degrés, mais en les poursuivant, on les retrouve assez volontiers dans la même direction.

On n'a point encore d'explications satisfaisantes à donner de ce phénomène.

§. 930. ENFIN il y a une dernière question à examiner, c'est de savoir pourquoi les mines d'or, d'argent, sont plus abondantes sous la zone torride, et les mines de fer, de cuivre... dans les régions froides ou tempérées. Nous avons vu que les mines de fer paroissent très-communes vers les poles. On a donné différentes explications de ce phénomène, mais aucune ne paroît fondée.

Gauthier a dit quelque chose d'assez spécieux à cet égard (1). « Les parties les plus pesantes de »la terre, dit-il, comme celles de l'or, gagnèrent »lors de sa formation du côté de l'équateur (en »vertu de la force centrifuge).... et l'équilibre les »ayant rangées autour de la terre, en manière de »croûte, les métaux, comme les plus pesans,

(1) Nouvelles Conjectures su le globe de la terre.

»durent prendre place entre les tropiques».

Il auroit pu apporter en preuve de son opinion, la platine, le corps le plus pesant connu, laquelle ne se trouve qu'au Pérou, proche l'équateur.

Mais les mines d'or et de platine, quoique paroissant plus abondantes peut-être entre les tropiques qu'ailleurs, ne font qu'une portion très-petite de ces terreins; et les autres substances métalliques ne sont pas plus abondantes dans ces régions qu'ailleurs : cependant elles sont beaucoup plus pesantes que les granits, les porphyres.... et autres substances de ces montagnes primitives.... Cette idée de *Gauthier* est donc plus spécieuse que solide; si elle étoit fondée, toutes les substances métalliques, ou au moins la plus grande partie, devroient se trouver entre les tropiques.

On a encore avancé que la plus grande chaleur de la zone torride devoit avoir contribué à la formation des métaux précieux; mais ce sont des idées des alchimistes, qui ne sont nullement confirmées par les connoissances actuelles.

Des mines de transport.

§. 931. Ces mines se trouvent dans les terreins secondaires et tertiaires, et même dans les attérissemens; elles se présentent sous différentes formes :

I°. Sous celle des filons vrais *gang*, comme dans les terreins primitifs;

II°. Sous celle de filons couches, *floz*.

On connoît un grand nombre de filons métalliques, qui sont dans des couches calcaires. Un des plus singuliers est celui de *Bleyberg*, dont nous avons déjà parlé, qui a quatorze couches alternant, avec autant de couches calcaires. Quelques métallurgistes croient qu'il ne faut point donner le nom de *filons* à ces sortes de mines, et qu'on doit plutôt les appeler couches. Il est certain qu'elles diffèrent des filons qui se trouvent dans les terreins primitifs, et dans les kneis.

Un de ces filons métalliques, des plus considérables qu'on connoisse, est celui de cinabre à Idria; sa largeur est depuis un pied jusqu'à cinq, sur une profondeur qu'on ne connoît pas encore. Il est situé dans des montagnes calcaires; le toît et le mur sont calcaires; la salbande est un schiste argileux brunâtre. On ne peut douter que ce filon métallique n'ait été formé par un foie de soufre calcaire, qui s'est combiné avec le mercure pour former cette masse énorme de cinabre.

III°. Ces mines s'offrent quelquefois sous forme de *rognons*; ce sont des amas de minérais, plus ou moins considérables, qui forment comme un tas, un nid : c'est pourquoi on les appelle encore *mines en nid*, *nidulantes*.

Les causes qui ont produit ces filons, ces couches et ces rognons, sont les mêmes qui les ont produits dans les granits et dans les kneis... Mais il s'agit de savoir

a Si ces mines métalliques étoient demeurées dissoutes dans les eaux-mères, et n'avoient point cristallisé,

b Ou si elles sont réellement de transport, c'est-à-dire, si elles avoient été apportées des montagnes primitives, puis redissoutes par les eaux, et déposées par une nouvelle cristallisation,

c Ou enfin si ces mines sont des produits nouveaux.

Je pense que toutes ces causes y ont également concouru.

Quelques-unes de ces mines sont dues au dépôt du reste des matières métalliques tenues en solution dans les eaux-mères;

D'autres ont été détachées des différens filons, soit des granits primitifs, soit des kneis, soit même des couches secondaires plus élevées; elles se sont ensuite dissoutes dans les eaux, et y ont cristallisé, suivant les loix des affinités;

De troisièmes enfin sont dues à des matières métalliques de nouvelle formation.

Ces mines cristallisent quelquefois avec la substance calcaire elle-même, comme dans les fers spathiques;

D'autres fois elles sont mêlées avec les schistes, comme l'est le mercure à Idria, et ailleurs.

Il en est même qui se trouvent avec du bitume.

IV°. Il y a une quatrième espèce de mines métalliques par transport, qui sont d'une nature différente de celles que nous venons de voir. Elles ne sont point ordinairement cristallisées, mais elles se présentent sous forme pulvérulente, ou en petits grains, mélangées avec différentes terres, plus volontiers avec des argiles, des marnes, des schistes décomposés...

Toutes les mines de fer, dites limonneuses, sont de cette espèce, ainsi que plusieurs calamines, plusieurs mines d'étain...

On ne sauroit douter que plusieurs de ces mines, telles que celles d'étain, ne viennent des montagnes supérieures, les mêmes d'où ont été détachées les substances avec lesquelles elles se trouvent.

Quelques autres, comme celles de fer, peuvent provenir des pyrites décomposées; et ces pyrites sont la plupart de formation nouvelle : ce sont celles que l'on trouve dans les schistes, dans les argiles, dans les tourbes, dans les bois fossiles, dans les matières bitumineuses...

Enfin il en est d'autres, telles que les mines de fer limonneuses minéralisées par l'acide phosphorique, dont la plus grande partie paroît due au

fer contenu dans les matières végétales et animales, et à l'acide phosphorique, si abondant dans ces substances.

DE LA CRISTALLISATION DE L'ANTRACITE ET DE LA PLOMBAGINE.

§. 932. L'ANTRACITE (§. 31) est une espèce de carbone, dont *Dolomieu* a trouvé des masses assez considérables dans les terreins primitifs: elles forment des filons comme ceux dont nous venons de parler, ou simplement des amas, des espèces de rognons ou nids.

Cet antracite cristallise quelquefois en prisme hexagone applati; mais le plus souvent sa cristallisation est confuse: elle a une cassure presque résiniforme... elle se dépose suivant les loix des affinités... Ceci suppose donc que cette substance a été dans un véritable état de solution.

On en doit dire autant de la plombagine; elle a été également dans un état de solution, et a suivi les loix des affinités, pour se déposer, soit en rognons, soit en filons.

Le charbon ou carbone n'est point soluble dans l'eau pure, mais les alkalis le dissolvent, ainsi que la chaux et les autres terres caustiques: peut-être les oxides métalliques, sur-tout celui du fer, peuvent-ils aussi le dissoudre. Au moins paroît-il que

c'est à l'oxide de fer qu'on peut attribuer la solution du principe qui constitue la plombagine.

On peut donc supposer que l'antracite a été tenu en solution dans les eaux, par l'intermède d'un de ces principes, ou les terres caustiques, ou les oxides de fer.

La plombagine a été également dissoute dans les eaux, par l'intermède des oxides de fer.

Ces deux substances, l'antracite et la plombagine, ainsi dissoutes, ont ensuite suivi les loix générales de la cristallisation, et se sont déposées par affinité, pour former des filons ou des rognons, comme l'ont fait les substances métalliques.

La plus grande partie de ce carbone a sans doute été formée, dans la première origine, avec toutes les autres substances des terreins primitifs; et il en a fallu beaucoup pour produire cette quantité d'acide carbonique, qui est combiné dans toutes les substances minérales.

Mais il n'est pas douteux qu'il ne se produise encore chaque jour du carbone chez les végétaux et les animaux.

DE LA CRISTALLISATION DES CHARBONS.

§. 933. Les charbons de terre sont toujours déposés par couches ou lits parallèles entre eux, comme les couches de schistes, de pierres calcaires, de pierres gypseuses...

Ces couches de charbon s'étendent à d'assez grandes distances, souvent à plusieurs lieues, et même elles occupent des contrées entières. Celles de Liége, par exemple, s'étendent par Huy, Namur, Anzin, Tournai... jusqu'à la mer, par conséquent un espace de plus de 80 lieues.

Elles sont assez souvent horizontales, ou à-peu-près horizontales; d'autres sont plus ou moins inclinées; enfin, il en est de verticales. (*Voyez pl. VI.*)

Ces différens lits ont diverses épaisseurs. J'en ai vu dont l'épaisseur n'est que de quelques lignes, et qui ont la même étendue en surface, que les plus épais : cette étendue est souvent de plusieurs lieues.

On trouve dans les charbonnières, ou houillières du Creuzot, auprès de Mont-Cénis, des couches qui ont jusqu'à 40 et 50 pieds d'épaisseur. On en cite de la même épaisseur dans plusieurs autres mines.

Jamais on ne trouve une couche de charbon seule; il y en a toujours plusieurs superposées les unes sur les autres : elles sont séparées par d'autres couches de différentes substances. Le plus souvent ce sont divers schistes, qui sont plus ou moins argileux, quelquefois calcaires, mais le plus souvent quartzeux : d'autres fois ils contiennent des grès, lesquels sont presque toujours plus ou moins imprégnés de bitumes.

Genetté dit que dans la montagne de Saint-Gilles, près de Liége, il y a 61 couches de charbon, séparées par des couches d'autres substances : ces couches ont toutes sortes d'inclinaisons, et sont une suite de celles de Namur, Anzin, Tournai... (*Voyez la pl. VI.*)

Toutes ces couches qui séparent les différens lits de charbon sont souvent chargées d'impressions végétales : ce sont des roseaux, des bambous, des fougères, des prêles...

On y rencontre aussi plusieurs impressions de poissons, et quelquefois des coquilles...

La plupart de ces productions sont exotiques : il en est cependant quelques-unes d'indigènes, c'est-à-dire de nos contrées.

Les charbons de terre se trouvent quelquefois à de grandes hauteurs; tels sont ceux de Santa-Fé de Bogota, dont parle *Leblond*, qui sont à

2200 toises de hauteur au-dessus du niveau de l'océan (1).

D'autres fois ils sont à de grandes profondeurs. *Franklin* (*tome I de ses Œuvres, trad. franç. p. 199*) dit être descendu dans des mines de charbon, à Whiteaven, dans le Cumberland, à 800 brasses au-dessous du niveau de la mer. « Les » ouvriers me dirent, ajoute-t-il, que leurs ou» vrages s'avançoient encore à quelques milles au» delà sous la mer. La pierre qui sert de toît, est » une ardoise chargée d'impressions de feuilles de » fougère ».

Des terreins où se trouvent les charbons.

§. 934. La nature des terreins où se trouvent les charbons, varie beaucoup : car on en rencontre dans toutes sortes de terreins, excepté dans les terreins primitifs. C'est une observation constante, que jamais *les terreins primitifs ne contiennent de charbons, ni aucune matière bitumineuse, provenant de débris des êtres organisés* : on n'y rencontre que l'antracite.

Dans le midi de la France, on trouve les charbons dans des terreins calcaires.

En Flandre, les charbons sont sous les terreins

(1) Journ. de Physique.

calcaires ; mais ce sont ordinairement des schistes qui recouvrent les couches de charbon.

Néanmoins les couches de charbon se trouvent le plus souvent dans des couches schisteuses, lesquels schistes sont plus ou moins argileux, plus ou moins calcaires, plus ou moins quartzeux.

Il y a aussi souvent des pyrites dans les charbons, et dans les schistes qui les recouvrent.

Les mines de charbon sont le plus souvent dans les terreins secondaires voisins des primitifs ; quelquefois même elles s'appuient contre les primitifs, et y sont contiguës. C'est ce qu'on observe au Creuzot près de Mont-Cénis ; ces lits si épais de charbon sont appuyés contre les granits mêmes. La même chose s'observe tout le long de ce petit rameau granitique, qui s'étend depuis Saint-Etienne et Saint-Rambert, jusqu'à Mont-Cénis et à Avalon, l'espace d'environ 70 lieues. On y trouve presque par-tout des mines de charbon, plus ou moins riches, dans des schistes appuyés contre les terreins primitifs.

La plupart des mines de charbon de France sont placées de même le long des chaînes des montagnes primitives.

Des substances qui ont formé les bitumes.

§. 935. Les bitumes sont certainement composés de matières végétales, soit tourbes, soit

arbres, soit roseaux, soit autres plantes, soit feuilles, soit *humus*, ou débris de toutes ces plantes... L'analyse chimique qu'on a faite des charbons, ne permet pas d'en douter : car on en retire constamment de l'huile et de l'alkali ammoniacal; et nous avons vu la quantité immense de bois fossiles qu'on trouve par-tout.

On rencontre aussi quelquefois, au milieu des charbons, des portions de bois ou autres matières végétales, qui ne sont pas encore minéralisées ni converties en charbons : il en est même quelques-unes qui sont déjà du très-bon charbon. En réduisant en coak le charbon du Creuzot, on voit souvent des portions de bois, dont le tissu ligneux se distingue très-bien lorsque la partie huileuse a été enlevée par la distillation : ces couches bitumineuses du Creuzot ont jusqu'à 40 et 50 pieds d'épaisseur.

Enfin, toutes les matières végétales qui sont dans le toît et le mur des houillières, et dans les schistes qui séparent les couches bitumineuses, sont de nouvelles preuves que les bitumes sont composés de matières végétales.

On rencontre également des impressions de poissons dans le toît et le mur des houillières, ainsi que dans les schistes environnans : d'où on doit conclure qu'il est possible que des matières animales fassent partie des bitumes eux-mêmes :

elles y seront néanmoins en moindre quantité que les matières végétales.

§. 936. On ne pourroit cependant nier que l'antracite n'ait pu être entraîné des montagnes primitives, et n'ait concouru à la formation de plusieurs mines bitumineuses secondaires, comme nous avons vu les filons métalliques des montagnes primitives, concourir à la formation des mines secondaires de transport. Mais l'antracite ne donnant ni huile ni alkali ammoniacal, on distinguera facilement les houillières secondaires formées par l'antracite, de celles qui sont formées par les matières végétales et animales.

Des minéralisateurs des matières bitumineuses.

§. 937. Quels sont les *minéralisateurs* qui ont converti à l'état de charbons, les matières végétales ou animales fossiles, ou les ont réduites à l'état de mines, les ont minéralisées ?

Je me sers du mot *minéralisateurs*, parce qu'ici les matières végétales et animales sont unies à d'autres substances, qui les convertissent en *mines*, comme on dit que les métaux sont *minéralisés* lorsqu'ils sont unis à quelques-unes des substances qui les réduisent à l'état de mines.

Car il est certain que les matières animales et

végétales, qui forment les charbons, ont subi une altération quelconque ; elles ne sont plus à l'état de tourbes, ni de bois fossiles, ni même de jayet, et elles ont une texture particulière : leur combustion est absolument différente. On ne peut donc douter qu'elles ne soient vraiment réduites à l'état de mines, et qu'elles ne soient combinées avec des substances qui leur servent de minéralisateurs.

Mais quels sont ces minéralisateurs, et quels sont les moyens que la nature emploie dans cette opération ?

La mer, suivant les uns, dans des invasions telles que celles qui ont eu lieu en Hollande, aura renversé des forêts qui se seront trouvées sur son passage, et les aura portées sur les collines voisines ; elle les aura ensuite recouvertes de dépôts de différentes natures...

Mais cette opinion ne peut se soutenir, et je l'ai combattue par les plus fortes raisons.

1°. Des forêts renversées par une cause aussi violente, ne pourroient former des couches telles que le sont celles de charbon, aussi régulières, aussi étendues, et dont quelques-unes n'ont que quelques lignes d'épaisseur, sur plusieurs lieues de surface... Nous en pouvons juger par les bois fossiles, qu'on ne trouve qu'amoncelés et entassés, sans former de couches régulières.

2°. Ces forêts ne seroient que des amas de bois fossiles, déposés là en grandes masses, ici en petite quantité.... Mais nous venons de voir que les charbons sont vraiment à l'état de mines.

§. 938. D'AUTRES ont supposé que les charbons ont été produits par des tourbes. Elles forment quelquefois des îles mouvantes, qui auront été charriées dans les mers : ces îles auront été, par des causes quelconques, submergées, couvertes de dépôts... et converties en charbons...

Cette opinion est sujette aux mêmes difficultés dont nous venons de parler. Ces tourbes ne sont pas minéralisées, et ne sauroient former des couches aussi minces et d'une aussi grande étendue en surface, que celles qu'on trouve dans les mines de charbons.

§. 939. IL faut donc reconnoître que toutes ces matières réunies, tourbes, arbres, animaux, n'auroient pu former immédiatement les charbons, par les raisons que nous venons d'exposer.

1°. Ces substances ne sauroient former des couches aussi régulières, aussi minces, aussi étendues que celles des charbons. Car les arbres en certains endroits auroient été amoncelés, et la couche seroit fort épaisse ; dans d'autres endroits il y en auroit moins, et les couches seroient minces ;

enfin souvent elles éprouveroient une interruption totale.

2°. Ces couches sont toujours faites par voie d'élection et suivant leurs affinités. Or, des tourbes, des bois, des plantes, des animaux..... sont déposés mécaniquement par les eaux, suivant les loix de leur gravité spécifique, et non point suivant les loix des affinités et des élections.

3°. Les charbons ont tous une texture particulière, qu'on peut regarder comme une cristallisation confuse.

On doit donc regarder comme prouvé, que toutes les matières végétales et animales qui forment les charbons, ont été d'abord déposées en des lieux particuliers; qu'elles s'y sont décomposées en partie; que les arbres, les plantes herbacées, les animaux.... ont perdu leurs formes, sans cependant être dépouillés de leurs parties huileuses et combustibles, et qu'ils ont été convertis en charbons par des agens qui ont fait à leur égard fonction de *minéralisateurs*, et les ont réduits en mines; qu'enfin elles ont été remaniées par les eaux et déposées pour former des couches bitumineuses. Les loix d'élections qui s'observent dans toutes ces couches, et le peu d'épaisseur qu'on observe dans plusieurs, ne permettent pas de douter qu'il n'y ait eu une vérita-

ble dissolution des substances qui ont formé ces couches.

§. 940. La chimie ne connoît cependant point de dissolvans des matières bitumineuses proprement dites. Nous ne pouvons leur en assigner, qu'en les supposant dans un état approchant des huiles minérales.

Or ces huiles peuvent être rendues solubles dans l'eau, de deux manières :

1°. Par les acides, qui en font des savons acides ;

2°. Par les substances alkalines, savoir par les alkalis, les terres à l'état de causticité, et les oxides métalliques ; tels sont la chaux vive, la magnésie caustique, les oxides de fer, de manganèse... qui les réduisent en savons alkalins.

Plusieurs lacs et fontaines tiennent en dissolution des matières bitumineuses, telles que la mer Morte, les fontaines de Gabian.... ainsi que nous l'avons vu ; or ce ne peut être que sous une des deux manières dont nous venons de parler,

Ou sous forme de savons acides,

Ou sous forme de savons alkalins.

Je pense également que tous les charbons minéraux ont été, lors de leur formation, tenus en solution dans la masse des eaux, et qu'ils n'ont pu l'être qu'autant qu'ils étoient réduits, ou à l'état

de savons acides, ou à l'état de savons alkalins.

La plus grande partie des charbons, tels que ceux d'Angleterre, ceux d'Ecosse, ceux de Flandres... me paroissent être principalement de la première nature : ce sont des huiles minérales combinées avec beaucoup d'acide. Il se dégage, lors de leur combustion, une grande quantité d'acide sulfureux ; et le résidu terreux qui demeure après qu'ils cessent de brûler, ne fait souvent pas le trentième ou le quarantième de la masse totale.

On sait que les huiles mêlées avec l'acide sulfurique, noircissent, et prennent un caractère analogue aux bitumes liquides ou demi-liquides.

D'autres charbons me paroissent être à l'état de savons alkalins. L'acide n'y est point sensible; quoiqu'on ne puisse douter que c'est toujours lui qui a converti ces huiles en huiles minérales ou bitumineuses.

Plusieurs charbons de cette espèce donnent beaucoup d'alkali volatil à la distillation.

D'autres charbons sont à l'état de savons terreux, et contiennent beaucoup de terre : elle fait souvent un tiers de leur poids. C'est ce que fait voir l'analyse d'une espèce de charbon, qu'on trouve à Saint-Symphorien, auprès de Roanne. Il contient, suivant *Sage* (1),

(1) Journ. de Phys. 1793, janvier, page 75.

Matière combustible, 0,60.
Terre et fer, 0,35.
Acide sulfureux.
Air inflammable.
Eau, 0,04.

On doit donc supposer, que toutes les matières premières, végétales ou animales, qui ont formé les charbons, ont été d'abord altérées, ou par les acides, le sulfurique particulièrement, ou par les matières alkalines, soit salines, soit terreuses, soit métalliques, et enfin qu'elles ont toutes été tenues en solution dans les eaux.

§. 941. C'EST cette action qui constitue ce que j'ai appelé MINÉRALISATION de ces substances; elles deviennent noires, et acquièrent une manière de brûler absolument différente de celle des bois fossiles; enfin elles prennent un caractère vraiment minéral, qui les met au rang des MINES.

La tourbe, et les bois purement fossiles, ainsi que le jayet, ne sont point minéralisés; ils noircissent seulement, comme tous les bois et toutes les matières végétales qui séjournent dans l'eau: cette couleur est due à la réaction de leurs acides propres sur leurs autres principes, et il s'y forme quelques pyrites.

Le kennel-col n'est qu'à demi-minéralisé, et donne peu de chaleur.

Cette manière d'envisager la formation des mines de charbon, me paroît la seule qui puisse satisfaire aux phénomènes.

Car ces substances ont une texture qu'on peut regarder comme une cristallisation confuse ; elles ont obéi aux *affinités*, se sont déposées suivant les *loix d'élection*, ce qui suppose une dissolution ; or, elles n'ont pu être dissoutes qu'en étant réduites à l'état savonneux.

§. 942. On me demandera peut-être d'où vient cet acide, que je suppose avoir dissous ces substances, et comment il les aura minéralisées.

Je répondrai d'abord, que quand même je ne pourrois pas assigner l'origine de cet acide, cela ne détruiroit point les preuves de sa présence dans les bitumes ; mais je crois qu'on peut facilement indiquer d'où il vient.

1°. Toutes les substances végétales, et même les animales, contiennent des acides, qui en réagissant sur la partie huileuse, l'altèrent à un certain point.

2°. Indépendamment de ces acides, il existe dans ces substances un acide minéral.

Dans tous les systèmes, on reconnoît, chez la plupart des charbons, la présence de l'acide sulfurique, ainsi que celle du soufre et du fer, sous

forme de pyrites : il me semble qu'on peut soupçonner la cause qui les a produits.

Il s'est dégagé de ces matières végétales et animales, avant leur minéralisation, beaucoup de vapeurs, contenant de l'air inflammable, de l'air impur ou azote, de l'acide carbonique.... comme il s'en dégage des marais, et de toutes les matières végétales ou animales amoncelées et passant à l'état de décomposition.

Or, nous savons que dans les cloaques, et autres lieux où il y a de semblables dégagemens d'airs, il s'y forme du soufre : ce soufre, dans cette circonstance, se combine, ou avec le fer de ces substances, ou avec du fer de nouvelle formation, et produit des pyrites.

Nous retrouvons le même acide sulfurique et les pyrites, dans les tourbes, dans quelques bois fossiles, et jusques dans les argiles, les schistes et les ardoises.

On doit concevoir facilement, d'après ces faits, qu'il se sera formé des pyrites et du soufre au milieu des bois fossiles, des tourbes, et de toutes les matières végétales et animales qui ont concouru à la formation des charbons.

Or, ces pyrites se décomposant par les causes connues, contracteront de la chaleur, qui se communiquera à toutes ces substances. Ces tourbes, ces bois fossiles, éprouveront donc un degré de

chaleur quelconque, qui néanmoins n'ira pas jusqu'à l'inflammation.

La partie huileuse de ces substances se dégagera par cette chaleur, sous forme de naphte, de pétrole, d'asphalte, de pissaphalte... d'autres fois elle se combinera avec l'acide qui se sera formé de la décomposition de la pyrite, et elle contractera tous les caractères bitumineux.

Si l'acide est assez abondant, cette partie huileuse passera à l'état de savon acide.

Mais il se peut que l'acide ne soit pas en assez grande quantité, ou qu'il se combine aussi-tôt avec les terres qui se trouvent dans les pyrites, ou avec celles qui sont mélangées avec ces substances; pour lors, la partie huileuse se combinera, ou avec l'alkali volatil qui sera dégagé, ou avec des terres ou des oxides métalliques à l'état de causticité; et elle passera à l'état de savon alkalin.

La chaleur des volcans sous-marins a pu influer beaucoup sur la formation d'une partie des huiles minérales de plusieurs mines de charbons; elle volatilise une partie de ces huiles, comme nous voyons que cela a lieu dans la mer Morte. Ces huiles et ces pissaphaltes sont mélangés aussi-tôt avec des terres, sur-tout avec l'argile, et vont former de nouvelles couches de charbon.

Denon, dans son Voyage de Sicile (*page 5*),

dit: « Une des particularités de ce gouffre de Mes-» sine, c'est qu'à la rive la plus proche, les cail-» loux s'enduisent d'un bitume, qui les attache de » la même manière que le sucre lie les amandes au » caramel... à quoi cette production ressemble as-» sez; d'abord molle, elle se durcit à l'air.... J'ai » trouvé la même pétrification sur les côtes de la » Sicile ».

Ce bitume est sans doute soulevé par les feux souterrains, si abondans dans toutes ces régions, comme l'est le pissaphalte que nous avons vu soulevé dans la mer Morte, comme l'est le pissaphalte d'Auvergne, au pied du Puy-de-Dôme...

Dampier parle d'un pareil bitume, qu'on trouve sur la côte d'Amapalla, au Mexique; et on sait qu'il y a un terrible volcan dans ces cantons. « A peu de distance du village, dans la même baie, » et tout au plus à cinq pas des bornes de la haute » mer, on voit sortir d'un petit trou, une matière » bitumineuse et bouillante, que les Espagnols » nomment *algatrane;* elle est de la liquidité du » goudron : à force de bouillir elle prend la con-» sistance de la poix, aussi sert-elle aux mêmes usa-» ges; et les Indiens la recueillent soigneusement » dans des cruches. Elle est plus bouillante dans la » plus grande hauteur de l'eau; et c'est alors que » les Indiens s'empressent de l'amasser ». (*P. 145.*)

Le même phénomène doit avoir lieu dans le

sein des mers, par-tout où se trouvent des volcans sous-marins.

De la cristallisation des matières bitumineuses.

§. 943. La dernière question que nous ayons à résoudre, est de savoir comment se sont formées les couches de charbon, et comment s'est opérée leur cristallisation confuse.

Toutes les matières bitumineuses réduites à un état savonneux ou acide, ou alkalin, sont ensuite mélangées avec ces différentes terres, la quartzeuse, l'argileuse, la calcaire, la magnésienne, la ferrugineuse.

L'eau dissout ces espèces de savon et ces terres.

Elle les dépose ensuite, suivant les loix des affinités, comme elle dépose les schistes et les autres substances minérales. Ces dépôts formeront différentes couches, qui seront séparées par des couches d'autres substances, ainsi que cela a lieu dans les couches schisteuses, calcaires, gypseuses...

Ces couches alternatives de différentes matières, sont un phénomène fort difficile à expliquer. Mais comme il est général pour toutes les couches de la terre, il nous suffit à présent d'avoir démontré par quels moyens les matières bitumineuses peuvent avoir été tenues en dissolution.

Je ne doute pas qu'il ne se forme journellement dans la mer Morte, des couches bitumineuses, de cette manière.

Peut-être un grand nombre de mines de charbons a-t-il été formé ainsi dans des lacs.

§. 944. QUELQUES-UNES de ces couches de charbon sont parallèles à l'horizon : mais le très-grand nombre est plus ou moins incliné. D'autres sont partie horizontales, partie inclinées, et se relèvent souvent d'une colline à l'autre. (*Pl. VI.*)

Enfin, quelques-unes sont presque verticales. Il est certain que plusieurs de ces couches à-peu-près verticales, ont été formées dans cette position, comme le fait voir la simple inspection de la *pl. VI.*

Mais on ne sauroit douter que quelques autres de ces couches ne doivent leur position verticale à des événemens postérieurs à leur formation. Il faut supposer que la plupart étoient d'abord horizontales, ou peu inclinées. Les couches inférieures ayant fléchi, celles-ci ont subi un mouvement qui leur a donné une position verticale : ceci a également lieu pour les couches schisteuses, gypseuses et calcaires. Néanmoins nous verrons que plusieurs couches de ces différentes substances ont été primitivement à-peu-près verticales, ou au moins très-inclinées.

Les mines de charbon sont si abondantes, qu'on a de la peine à concevoir où la nature a pris la quantité immense de matières végétales et animales qu'elle y emploie.

Mais on a la même difficulté relativement aux madrepores, aux coquilles... qui se trouvent dans les couches calcaires, et qui en certaines occasions paroissent en faire la plus grande partie.

La seule conclusion qu'on en doit tirer, c'est que la nature a employé beaucoup de temps à la production de toutes ces substances.

Et si on fait attention que dans les premiers temps, avant l'origine des grandes sociétés d'hommes, la surface de la terre étoit couverte de forêts immenses, qu'une partie de ces forêts étoit emportée dans les mers, dans les lacs, comme cela a encore lieu dans les mers du nord (§. 679), on aura moins de peine à concevoir qu'il ait pu s'accumuler une aussi grande quantité de bois fossiles et de matières bitumineuses.

§. 945. Les mines de charbon se trouvent très-souvent le long des chaînes des montagnes primitives, et leur sont adossées. Ces matières bitumineuses étoient charriées par les eaux, qui les déposoient dans les lieux où se rencontroient des obstacles pour les arrêter : ce sont ces chaînes primitives qui se sont présentées.

DE LA CRISTALLISATION DU SOUFRE.

§. 946. Le soufre forme des couches considérables, comme nous l'avons vu (§. 28). Il y a, au *Val de Mazzara* en Sicile, différentes soufrières composées de plusieurs couches de soufre, séparées par des couches de diverses natures, particulièrement de gypse : ces couches de soufre ont jusqu'à 10 à 20 pieds d'épaisseur, et sont très-étendues.

Les couches de soufre des soufrières du duché d'Urbin en Italie, sont également très-étendues, et ont plus ou moins d'épaisseur : elles sont séparées par des couches d'argile et de gypse. Une des plus considérables de ces soufrières est celle de Formigniano, à trois lieues de Césène. Il y a plusieurs couches de soufre qui alternent avec des couches argileuses : les dernières couches de soufre sont recouvertes par des couches gypseuses. La plus élevée de ces soufrières est celle de Sarssina, vers une des parties les plus hautes de l'Apennin.

Il y a dans les maremmes de Sienne en Toscane, une soufrière célèbre appelée *Peretta*. On y trouve aussi beaucoup d'eaux sulfureuses, particulièrement à Saturnial, aux bains de Saint-Philippe. Proche Radicofani, ancien volcan, il y a

des eaux sulfureuses et du soufre. A Voltera il se trouve également des eaux sulfureuses et du soufre avec du gypse : dans les salines de Bex, on trouve du soufre.

Dans ces soufrières, et dans toutes les autres qui ne sont point le produit des feux souterrains, le soufre est cristallisé d'une cristallisation confuse ordinairement : ce qui annonce qu'il a été tenu en solution dans la masse des eaux.

D'ailleurs il s'est déposé comme toutes les autres matières minérales, suivant les loix des affinités : ce qui est une nouvelle preuve qu'il a été dans un état de solution. Or il faut rechercher quels sont les agens qui ont pu le tenir ainsi dans cet état de solution.

§. 947. Le soufre est dissous par toutes les terres caustiques, et par les oxides métalliques : il constitue sous cette forme les sulfures, ou foies de soufre; or ces sulfures sont très-solubles dans les eaux.

On doit donc supposer que c'est par ces moyens qu'il a été tenu en solution par les eaux. Il a suivi pour lors les loix générales de la cristallisation, et s'est déposé suivant les affinités, comme le font toutes les substances minérales, qui ont été dans un état de solution.

Lorsque les sulfures métalliques se sont dépo-

sés, ils ont formé des filons, comme nous l'avons vu.

Il faut supposer également, que dans la formation des couches sulfureuses que nous venons de voir, le soufre étoit primitivement à l'état de sulfure terreux : il a abandonné cette terre, et a formé ces couches plus ou moins épaisses de soufre, qui ont cristallisé suivant les loix des affinités.....

§. 948. QUELQUEFOIS le soufre, dans la décomposition des sulfures terreux, a passé à l'état d'acide sulfurique; et il s'est formé des produits nouveaux.

1°. Lorsque le sulfure étoit calcaire, sa décomposition aura donné du gypse, par la combinaison de l'acide sulfurique avec la chaux : c'est l'origine du gypse, qui se trouve presque toujours avec le soufre.

2°. Si le sulfure étoit barytique, sa décomposition aura donné des spaths pesans sulfuriques, ou des barytites, par la combinaison de l'acide sulfurique avec la baryte. On trouve beaucoup de barytites dans les soufrières de Mazzara.

3°. Lorsque le sulfure étoit métallique, si le soufre se décompose en acide sulfurique, on aura les différens sulfures métalliques dont nous avons parlé.

4°. Enfin, si le soufre se dissipe, il laissera le métal pur, et on aura, ou les métaux natifs, ou des oxides métalliques.

Les sulfures métalliques, tels que la galène, les pyrites... se trouvent dans les terreins primitifs; mais les sulfures terreux, et le soufre pur, ne se sont encore rencontrés que dans des terreins secondaires.

On peut supposer néanmoins, en suivant les analogies, qu'il y a aussi du soufre déposé dans l'intérieur des terreins primitifs.

§. 949. La plus grande partie de ce soufre a sans doute été formée avec toutes les autres substances des terreins primitifs, dans la première origine; mais il s'en forme aussi tous les jours, soit chez les animaux et les végétaux, soit dans les lieux où il se trouve des matières animales et végétales amoncelées.

Quant au soufre qu'on rencontre aux environs des volcans, il y a été sublimé : ou il provient de couches souterraines de soufre, ou de la décomposition des pyrites, et autres sulfures.

DE LA CRISTALLISATION DU SEL GEMME.

§. 950. Le sel gemme se rencontre dans un grand nombre d'endroits; mais c'est toujours dans les terreins secondaires, et jamais dans les primitifs.

On voit cependant sortir quelques sources d'eaux salées de dessous des terreins primitifs, comme auprès de Travers. Mais lorsqu'on a examiné la chose avec attention, on a reconnu que ces terreins primitifs, ces granits, étoient des terreins culbutés, qui avoient été détachés de montagnes supérieures par une cause locale quelconque, et s'étoient précipités dans des vallées calcaires. Les eaux salées qui couloient dans cette vallée, se sont fait jour sous ces masses de terreins primitifs: ce qui a fait croire que les eaux sortoient réellement des montagnes primitives.

§. 951. Le sel gemme se présente en général sous deux formes différentes:

Ou en grandes masses qui sont déposées par couches,

Ou il est mélangé intimement avec d'autres substances, en petites parcelles ou en rognons.

C'est sous cette dernière forme qu'on le trouve

à Bex en Suisse (1), à Lons-le-Saunier, à Montmorot, dans la ci-devant Lorraine... et en un grand nombre d'endroits, où il donne origine aux fontaines salées.

On a creusé à Bex des galeries très-considérables, en suivant les veines d'eaux salées, et on n'a jamais rencontré de masses de sels. On y voit seulement épars çà et là quelques cristaux de sel marin. La masse de la montagne est un gypse gris mêlé de beaucoup d'argile : on y trouve du soufre, et du gaz inflammable sulfureux, ou hépatique.

Les galeries creusées dans cette masse conduisent à une autre espèce de pierre grise, qu'on appelle le *cylindre*, et qui paroît faire le noyau de la montagne. Cette pierre grise est une espèce de pierre argileuse, d'un noir tirant sur le bleu : c'est de cette masse que sortent les eaux salées; et cependant elle ne contient point de sels. Elle doit donc être regardée seulement comme le lieu où viennent se rendre les eaux salées qui ont coulé au travers de la montagne gypseuse.

C'est une observation assez générale, que le gypse se trouve auprès des mines de sel gemme.

Deborn rapporte que les salines de Transilvanie se trouvent avec des gypses.

(1) Voyez l'ouvrage de *Wild*, sur ces salines.

Pallas a fait la même observation en Sibérie.

§. 952. Mais le sel marin se trouve en grandes masses dans le sein de la terre, en plusieurs endroits. Une des mines les plus considérables de cette espèce, est celle de Wielisca en Pologne. Je vais rapporter ce qu'en dit *Berniard*.

«Le premier lit, dit-il (1), celui qui s'étend »jusqu'à l'extérieur de la mine, est de sable. Ce »sable est semblable à celui dont une grande »partie du terrein de Pologne est formé; c'est-»à-dire, que c'est un amas de grains fins, arron-»dis, blancs, jaunâtres, et même rougeâtres.

»Ce banc de sable est suivi de plusieurs lits de »terre argileuse plus ou moins colorée; mais le »plus ordinairement ces terres ont la couleur d'une »rouille de fer. Ces lits de terre, à une certaine »profondeur, sont séparés par des lames de pierre, »que leur peu d'épaisseur, jointe à leur couleur »noirâtre, feroit regarder comme des ardoises: »ce sont des pierres calcaires qui n'ont rien de »commun avec les ardoises, que d'être minces et »feuilletées».

On trouve les premières couches de sel à en-

(1) *Berniard*, Journ. de Phys. 1780, décembre, page 459.

viron deux cents pieds de profondeur. Il y en a plusieurs les unes sur les autres : les plus profondes où on soit parvenu, sont à neuf cents pieds.

Ce sel est en grandes masses. « Plus profondément l'on pénètre dans ces salines, plus l'on »trouve le sel abondant et pur. Si l'on rencontre »quelques couches de terre, elles n'ont ordinairement que deux à trois pieds d'épaisseur, et fort »peu d'étendue : toutes ces couches sont d'une »glaise plus ou moins sablonneuse.

»On n'a point trouvé dans ces mines aucune »production volcanique (il faut lire combustible); »telle que le soufre, bitume, charbon minéral, etc. »comme il s'en trouve dans les salines de Halle, »de la haute Saxe et du comté du Tirol. On y »trouve beaucoup de coquilles, principalement »des bivalves et des madrépores...». (*Berniard, ibid. pag. 463.*)

On y a même rencontré des dents molaires d'éléphans, et d'autres os de cet animal. Suivant *de Born* (1),

Cette mine a déjà été exploitée dans une étendue de trois lieues de diamètre; elle paroît communiquer avec celle de Bochnia, qu'on exploite

(1) Catalogue du cabinet de mademoiselle *de Raab*, page 463, tome I.

également. Bochnia est une ville à l'orient de Wielisca, et qui en est éloignée de cinq milles.

Cette description fait voir que la masse de sel de Wielisca et de Bochnia est énorme, puisqu'elle a au moins sept à huit cents pieds d'épaisseur, sur une longueur de plusieurs lieues.

Il y a beaucoup de sel gemme en Hongrie, en Transilvanie, en Moldavie, en Valachie...

Fitchel croit que les salines de Pologne communiquent avec toutes celles-ci. On retrouve encore de ces salines dans la haute Autriche, dans le Tirol...

Il est peu de contrées où on ne trouve du sel gemme : il y en a en Angleterre, en Espagne, en Sicile, en Italie, en Chine...

Cette espèce de sel n'est jamais pure; elle se trouve le plus souvent mélangée avec des portions terreuses, qui le colorent et l'empêchent de se dissoudre facilement dans l'eau. A Hall, dans le Tirol, on trouve du sel gemme coloré en beau rose par une argile.

Quoique le sel gemme soit ordinairement déposé par couches, *Fitchel* rapporte qu'on trouve en Transilvanie des mines de sel gemme, qui ne sont point par couches : ce sont des amas comme les rognons métalliques : elles ne contiennent aucun débris d'êtres organisés.

§. 953. On trouve aussi beaucoup de sel marin à la surface de la terre.

Toute la partie d'Afrique qui est le long de la Méditerranée, depuis l'Egypte jusqu'au mont Atlas, est chargée de sel marin : il y a aussi du nitre en certains endroits.

Ces sels y sont de la plus haute antiquité. Car *Hérodote* rapporte que les eaux qui couloient au pied des pyramides d'Egypte, étoient chargées de sel marin.

Shaw nous a donné des détails précieux sur les sels qui se trouvent dans ces contrées. Il observe qu'elles sont presque toutes remplies de ces sels; et il ajoute :

« Les salines d'Arsew sont environnées de mon-» tagnes, et ont près de six milles de tour. En hi-» ver elles paroissent comme un grand lac; mais » elles sont sèches en été. L'eau s'exhalant alors » par la chaleur, et le sel demeurant cristallisé au » fond, on trouve en creusant dans ces salines diffé-» rentes couches de sel, dont quelques-unes ont » un pouce d'épaisseur, et d'autres davantage; ce » qui vient, à ce que je pense, de la différente » quantité de particules de sel, dont l'eau qui a » formé ces couches étoit imprégnée. Tout le ter-» rein de cette saline est rempli de semblables » couches, entassées les unes sur les autres. Les » salines qui sont entre Carthage et Gueltra, auss

»bien que celles des marais de Shott, et celles de »Sahara et son voisinage, sont constituées de la »même manière.

»Le Jibbel-had-Deffa est une montagne de sel »toute entière, située à l'extrémité orientale du »lac des Marques, qu'on appelle aussi Bahirah-»Pharaoune, ou lac Triton. Ce sel est dur et so-»lide comme une pierre ». (*Shaw, Voyage en Barbarie, tom. 1, pag. 297.*)

Ce lac des Marques (*palus Tritonis* des anciens), auprès de Tozzer, est éloigné de la mer de quarante lieues; sa longueur est d'environ vingt lieues sur une largeur assez considérable. Ses eaux, comme le dit *Shaw*, sont très-salées, et s'évaporent en partie pendant l'été: ce sel se dépose et cristallise.

§. 954. Il y a ici deux observations bien importantes à faire. 1°. La première, c'est que ce sel cristallisé pendant l'été, ne se dissout point entièrement par les eaux qui s'accumulent dans ces lacs pendant l'hiver.

2°. Le sel, au contraire, y cristallise, et y forme des couches plus ou moins épaisses, qui sont séparées par les dépôts qu'y apportent ces eaux. Je ferai bientôt voir que cette observation de *Shaw* jette un grand jour sur la formation des salines.

Toute la Barbarie, depuis l'Egypte jusqu'au

mont Atlas, et en s'étendant dans le Shara, dans le Bildugerid, jusqu'au fleuve Niger, est en partie remplie de sel marin, au point que les eaux qui y coulent ne sont point potables. Les habitans sont obligés d'en aller chercher pour leur usage domestique, dans de petits ruisseaux qui sortent des montagnes.

Ces ruisseaux, en traversant les plaines, se chargent de sels, qui, dans les chaleurs, cristallisent sur leurs rives : il en est même plusieurs qui en déposent des quantités prodigieuses dans leurs cours.

Indépendamment du sel marin, on trouve, dans quelques-unes de ces plaines, particulièrement celle de Kerwan, auprès de Tunis, une grande quantité de nitre, qui effleurit chaque été sur la terre, et est ensuite charrié par les eaux.

Il y a aussi, du côté d'Ammon, plusieurs lacs qui contiennent beaucoup de natron, mêlé avec du sel marin.

On peut encore assurer qu'on retrouve ces sels bien avant dans l'intérieur de l'Afrique, puisque les habitans de ces contrées en font un commerce assez avantageux. Le royaume de Bornou contient plusieurs lacs dont on retire également beaucoup de sel. (*Bibliothèque britannique*, n°. 29.)

Les plaines de sable de l'Arabie contiennent aussi beaucoup de sel marin, néanmoins en moindre quantité que celles de l'Afrique.

§. 955. Ces mêmes substances salines se retrouvent en Perse, en Arménie, et sur toutes les rives de la mer Caspienne et du lac Aral.

Le grand désert de Chamo ou Cobi, qui est composé de plaines immenses de sable, est aussi rempli de sel.

La Sibérie contient une très-grande quantité de différens sels. Des grands lacs, qui y sont si abondans, sont pleins de ces sels : plusieurs ruisseaux en charrient; et on en rencontre souvent déposés dans les sables, où ils effleurissent. Tous les voyageurs qui ont parcouru ces contrées en ont parlé. *Pallas* particulièrement en cite un grand nombre d'exemples. Voici ce qu'il dit de ceux situés du côté de l'Irtisch.

« Le pays qui devient bas et humide est garni » de mares et de fonds salins : des collines argi- » leuses s'élèvent au-dessus du ruisseau. Près » du village d'Obanina, situé sur la rive droite du » Kourtamisch, est un autre ruisseau qui s'y réunit : » il est entièrement à sec en été. Le fonds situé de- » vant ce ruisseau est abondamment chargé de » natron ; il est répandu comme une écume bour- » soufflée sur la surface du sol qui est humide.

§. 956. Cette quantité de sel de Glauber, ou sulfate de natron, qui existe dans ces contrées, en supposant que ce sel ne soit pas du sulfate de magnésie, me paroît tenir à une cause particulière. Nous avons vu que ces sels se trouvent assez volontiers sur des sols argileux. Or l'argile contient le plus souvent de l'acide sulfurique, qui aura décomposé le sel marin pour en former du sel de Glauber ou sulfate de natron.

Mais la plupart de ces prétendus sels de Glauber sont des sulfates de magnésie. Ou ils viennent des eaux de la mer, ou ils ont été formés par la combinaison de la magnésie avec de l'acide sulfurique provenant des argiles, ou de la décomposition de pyrites.

Quant au natron, qui est assez abondant dans ces contrées, il provient très-certainement de la décomposition du sel marin, ou de celle du sulfate de natron, ou des kalis.....

Ces mêmes sels se retrouvent abondamment le long du Volga, et dans les steppes qui avoisinent ce fleuve.

Il y en a aussi dans les steppes qui sont aux environs du Don ou Tanaïs.

Ces mêmes steppes salins s'étendent jusqu'à la Crimée.

§. 957. La Hongrie présente aussi un grand

nombre de lacs salins qui sont situés le long de la chaîne primitive qui la traverse. Les sels qu'on y rencontre sont le vitriol de natron, ou sulfate de natron; du nitre, et beaucoup de terres alumineuses. *Riickert* croit que ces différens sels sont mêlés dans les terres et les sables. Par-dessous ces sables, qui sont certainement des atterrissemens; se trouve une argile bleue sur laquelle l'eau coule. Ces eaux viennent sortir sur terre, et y apportent les sels dont elles sont chargées; elles se rendent ensuite dans des petits lacs, ou espèces de mares. Ces lacs se dessèchent pendant l'été; les sels cristallisent comme dans les autres lacs que nous avons vus. Il croît sur leurs bords beaucoup de kali, qui, en se décomposant, a pu fournir du natron ou du sel marin.

On ne peut guère douter que cette quantité immense de substances salines qu'on trouve ainsi en Sibérie, sur les bords du lac Aral, de la mer Caspienne, de la mer Noire, en Crimée, et jusqu'en Hongrie, n'ait été déposée lorsque la mer Caspienne, le lac Aral et la mer Noire se communiquoient et couvroient toutes ces régions, comme nous le verrons ailleurs.

Sans doute il existe de ces lacs salés dans un grand nombre d'endroits qui sont encore inconnus aux naturalistes.

§. 958. Nous retrouvons du sel marin dans quelques autres endroits de l'Europe, mais en moindre quantité. En France, les environs de Tours sont remplis de sels marins et de nitre, qu'on retire en lessivant les terres.

Il en est de même dans la plupart des provinces d'Espagne, suivant *Bowles*. Les terres lessivées donnent beaucoup de nitre et de sel marin.

§. 959. L'AMÉRIQUE est encore très-peu connue ; néanmoins nous savons qu'il y a aussi des lacs d'eau salée. Le Journal des Savans de 1676 donne des détails sur un lac du Mexique qui a environ cinquante lieues de tour, dont une partie est salée, et l'autre ne l'est pas.

« On ne connoît point de lacs au monde semblables à celui-ci. Une partie de son eau est douce, » et l'autre est salée : l'eau douce est dormante et » tranquille ; l'eau salée a un flux et reflux produit » par le souffle des vents. Le lac salé a sept lieues de » long et autant de large ; son circuit est de vingt- » deux lieues : le lac d'eau douce est aussi grand ; » de sorte que ce lac a environ cinquante lieues de » tour». (*Journal des Savans 1676, collect. acad. part. étrang. tom. 1, pag. 273.*)

Dans la plupart des endroits où se trouvent les os d'éléphant dans l'Amérique septentrionale, il y a des eaux salées....

Lorsque l'Amérique sera mieux connue, on y retrouvera sans doute, en beaucoup d'endroits, des eaux salées et des mines de sel gemme.

§. 960. Il faut rechercher maintenant quelle est l'origine de ces sels, soit celui qu'on observe à la surface de la terre, soit celui qu'on trouve dans son sein.

C'est une question qui a fort occupé les géologues; mais auparavant que de parler de leurs opinions, nous allons parler des sels contenus dans les eaux des mers.

Ils sont de plusieurs espèces :

1°. Le sel marin commun à base de natron;

2°. Le sel marin calcaire;

3°. Le sel marin magnésien;

4°. Le sulfate de natron, ou sel de Glauber;

5°. Le sulfate calcaire ou sélénite;

6°. Le sulfate de magnésie;

7°. Le carbonate calcaire, ou terre calcaire aérée.

La quantité de ces sels varie suivant les lieux. *Lavoisier* a retiré d'une livre d'eau de mer, prise à Dieppe (*Mém. acad. 1772*) :

Terre calcaire,		8 grains $\frac{1}{6}$.
Sélénite, ...		
Sel marin,	1 gros 54	$\frac{4}{6}$.
Sulfate de natron et de magnésie,	7	$\frac{17}{20}$.

On doit encore observer qu'on ne rencontre point de sel gemme dans les terreins secondaires primitifs très-élevés, et dans lesquels il n'y a point ou peu de débris d'êtres organisés; mais c'est toujours dans les parties basses et dans les terreins coquilliers.

§. 964. Il me paroît donc vraisemblable que tous les sels contenus dans les eaux de la mer, et ceux qui sont dans des marais, dans des lacs, dans des sables, ainsi que ceux qui sont enfouis dans les terres, c'est-à-dire les sels gemmes, proviennent,

1°. De ceux qui se forment journellement à la surface de la terre, et que les eaux charrient dans les mers et dans les lacs;

2°. De ceux que fournissent les animaux marins (comme l'a fait voir *Lorgna*), et les plantes, surtout les marines.

Les grands lacs où se rendent des fleuves, et qui n'ont point d'issues, tels que la mer Caspienne,

---

niques. Il seroit possible que celui des volcans eût été formé dans la lave, comme plusieurs autres substances le sont, et que cette potasse lui fût fournie par les matières combustibles.

Ceci doit être l'objet des recherches des naturalistes; et il ne seroit point surprenant qu'ils ne trouvassent ces sels dans les terreins primitifs.

la mer Morte, le lac Aral....., sont tous salés, et contiennent une quantité plus ou moins considérable de ces différens sels : au lieu que ceux qui sont traversés par des fleuves conservent leurs eaux douces, parce que ces fleuves emportent sans cesse les sels qu'ils apportent ou qui proviennent des animaux marins.

Les sels qui sont contenus dans les eaux des mers seront donc dus à la même cause.

§. 965. Il faut rechercher maintenant comment les eaux auront pu déposer les sels gemmes et ceux qui sont à la surface de la terre. On en peut assigner plusieurs causes. Il ne faut pas oublier qu'une partie de ce sel en exige à-peu-près trois d'eau pour être tenue en solution (§. 315).

§. 966. 1°. Nous verrons que des eaux très-profondes peuvent se surcharger de sels à leurs parties inférieures (§. 978). Il n'est donc pas douteux que les eaux des hautes mers contiennent beaucoup de sels à leurs parties inférieures; elles les déposeront et les laisseront cristalliser, si elles en sont surchargées.

Vraisemblablement les eaux de la mer Morte, qui, à leur surface, contiennent une si grande quantité de sel, environ le quart de leur poids (§. 27), en sont assez surchargées à leurs par-

ties inférieures pour les laisser déposer; et il se forme journellement des couches salines dans son fond. Il en doit être de même dans tous les lacs que nous avons vus contenir des sels, tels que la mer Caspienne, la mer Aral...

§. 967. 2°. DANS l'instant que la grande masse des eaux qui couvroient la surface du globe s'est abaissée, elles ont formé des lacs, ainsi que nous le verrons. Si quelques-uns de ces lacs se tarissent par l'évaporation de leurs eaux, tout le sel qu'ils contiennent se déposera : c'est ce qui a encore lieu dans plusieurs endroits de l'Afrique, de l'Asie, de la Sibérie, ainsi que nous l'avons prouvé. Mais examinons plus en détail ce qui doit se passer dans un de ces lacs, par exemple dans celui des Marques.

Ce lac a environ vingt lieues de longueur sur une largeur considérable.

Il est si chargé de sels marins, qu'il les dépose, en été, sous forme de couche, lorsque la grande chaleur fait évaporer une partie de ses eaux, et pour lors le lac est fort bas.

Dans l'hiver, ses eaux augmentent, parce que toutes celles des pluies qui tombent dans les environs s'y rendent. Le lac se remplit, une partie des sels déposés se dissout de nouveau, mais toute la masse n'est pas dissoute.

Les eaux qui y arrivent apportent des terres et des sables qu'elles charrient.

Elles peuvent même y apporter des débris d'êtres organisés, s'il s'en trouve sur leur passage; par conséquent des coquilles, des madrépores, des os d'éléphans....., ou d'autres animaux qui auroient péri sur leurs bords. Nous avons vu que de pareils débris se trouvent dans les salines de Wielisca.

Toutes ces matières ainsi entraînées couvriront les portions de sels déposées l'été précédent, et qui n'ont pas été dissoutes.

Ceci se répétant à chaque saison, on sent qu'il se déposera des couches alternatives de sels, de sables, d'argiles, ou autres matières apportées par les eaux, comme Shaw l'a dit.

Dans un lac aussi considérable que celui des Marques, il pourra se former des mines de sel gemme très-étendues, et peut-être plus que celles de Wielisca et de Bochnia, puisque ce lac a vingt lieues de longueur, et une largeur de plusieurs lieues, et que, par une suite de l'évaporation, ce lac se comblera à la suite des temps. On peut même soupçonner que c'est de cette manière que les salines de Pologne ont été formées; elles sont recouvertes de sables et de terreins analogues à ceux du sol; elles contiennent des coquilles, des débris d'os d'éléphans..... Tout ceci paroît l'effet

d'accroissemens opérés par les eaux courantes.

§. 967. La seule difficulté qu'offre cette explication, est de savoir comment le sel déposé pendant l'été n'est pas entièrement dissous par les eaux pendant l'hiver; mais c'est un fait certain, et que nous voyons se répéter tous les jours dans le lac des Marques. Il s'agit donc seulement d'en trouver les causes, et nous pouvons en assigner plusieurs.

1°. La quantité d'eau fournie par les pluies d'hiver peut n'être pas assez considérable pour opérer une solution entière des sels déposés.

2°. Le sel fossile est toujours mélangé avec de l'argile et d'autres portions terreuses, qui lui ôtent une partie de sa solubilité. Il faudra donc une plus grande masse d'eau pour en dissoudre la même quantité proportionnellement. Nous avons vu que le Jibbel-Hadeffa, ou montagne de sel, qui est située à l'extrémité orientale du lac des Marques, n'est pas dissoute par les eaux dans la saison des pluies; et effectivement ce sel n'est pas pur, il est coloré par différentes terres.

§. 968. On a proposé une autre explication de la formation des mines de sels. « Lors de la retraite » générale des eaux, disent plusieurs savans, elles » ont formé des lacs dont l'évaporation a laissé à » sec les sels qu'elles contenoient.

» Les eaux des mers ont fait des invasions sur

» ces terres abandonnées ; elles y ont déposé sur » ces sels de nouvelles couches plus ou moins » épaisses de terres, de sables..... Dans ces cou- » ches, il pourra se trouver, comme dans toutes » les couches secondaires, des débris d'êtres or- » ganisés, tels que coquilles, madrépores, os » d'éléphans..... ».

Mais cette explication présente deux difficultés considérables.

a La première est que nul fait ne prouve que les eaux des mers puissent revenir à différentes fois sur les continens, comme nous le verrons ailleurs.

b La seconde est que, dans cette hypothèse, les eaux des mers seroient censées revenir en grandes masses sur les continens et sur ces sels déposés : or elles dissoudroient pour lors la totalité de ces sels.

Je crois donc qu'il faut abandonner cette hypothèse.

§. 969. Je ne nie cependant pas que, dans quelques inondations particulières, telles que celles qui ont eu lieu en Hollande et ailleurs, les eaux de la mer qui ont séjourné sur les terres, et qui s'y sont évaporées, n'y aient déposé le sel qu'elles contenoient, comme elles font dans les marais salans. Si ces inondations s'étoient répétées

plusieurs fois, elles auroient pu aussi produire quelques couches de sels ; mais ces effets n'ont pu être que locaux.

On peut donc attribuer la formation des couches de sel gemme à deux causes différentes :

1°. A celui qui est déposé dans le fond des hautes mers.

2°. A celui qui est déposé par l'évaporation des eaux des lacs salés.

§. 970. Mais les salines comme celles de Bex paroissent avoir été formées d'une autre manière. Le sel n'y est point déposé en grandes masses ; il s'y trouve mélangé avec les substances pierreuses et terreuses.

Il faut supposer que toute la montagne a été baignée par une eau salée.

Une partie de ce sel a pénétré cette montagne, et a cristallisé en cristaux isolés, lesquels se sont déposés dans de petits vides qui s'y sont trouvés ; elle s'en est trouvée, par ce moyen, toute imprégnée.

Cette imprégnation a pu se faire de deux manières.

Ou c'étoit un lac d'eau salée contenant les matières qui ont formé la montagne, et le sel a cristallisé avec ces matières.

Ou les substances qui forment cette montagne

étoient très-poreuses, contenant des cavernes, des fentes, des vides plus ou moins considérables; elles étoient pénétrées des eaux de la mer ou de celles d'un lac salé. A mesure que les eaux se sont abaissées pour prendre le niveau actuel, les eaux de cette montagne se sont écoulées par différentes issues; mais elles ont déposé la plus grande partie de leur sel, et par conséquent toute la masse de la montagne en a été imprégnée.

Les eaux pluviales pénétrant de nouveau cette montagne, pour y former des sources, comme dans les autres montagnes, dissoudront une portion de ces sels, et produiront les sources d'eaux salées.

§. 971. On objectera peut être que la plupart des montagnes ont des fentes, des cavernes..... et qu'ainsi elles devroient toutes contenir du sel gemme, comme celles de Bex.

Je répondrai qu'il paroît que les eaux des mers contenoient encore peu de sels dans le temps de la formation des premières montagnes calcaires primitives, et que ces sels se sont multipliés postérieurement. Il n'est donc pas surprenant qu'on en trouve rarement dans ces montagnes.

D'ailleurs, il paroît que les dépôts des substances salines se sont opérés principalement dans des lacs. Ce ne sera donc ordinairement que dans

les terreins qui formoient les bassins de ces lacs qu'on trouvera ces sels.

Enfin il y a des causes locales qui ont fait que la montagne de Bex et autres semblables ont été imprégnées de sels marins, tandis que le reste des montagnes de la surface du globe n'en contient point.

Ce sera donc en examinant attentivement la nature de ces montagnes, leurs positions, qu'on pourra assigner quelles sont les circonstances locales qui auront fait déposer des sels dans telles montagnes plutôt que dans telles autres.

§. 972. Il se présente ici un phénomène très-général. Le sel gemme se trouve le plus souvent avec du gypse; il y a même du soufre dans les salines de Bex. Le soufre se retrouve également parmi les sels gemmes de Sicile.....

Nous avons vu que les eaux des mers contiennent des sulfates de natron, de la sélénite ou sulfate calcaire. Cette sélénite ou gypse se sera déposée avec le sel marin dans certaines circonstances, ce qui aura formé ces couches gypseuses.

Le sulfate de natron, dans d'autres circonstances, aura pu être décomposé par la terre calcaire caustique, ce qui aura produit une nouvelle quantité de gypse.

Enfin il est possible que l'acide sulfurique, par

des circonstances locales, ait passé à l'état de soufre ou d'hépar, c'est-à-dire de sulfure

DE LA MANIÈRE DONT LES DIFFÉRENTES SUBSTANCES MINÉRALES ONT CRISTALLISÉ DANS L'EAU.

§. 973. Je suis, je crois, le premier qui ai traité cette question dans toute son étendue (1). Pour l'éclaircir autant qu'il est possible, il faut se rappeler les différens procédés par lesquels on opère dans l'eau la cristallisation des substances salines. Celle-ci nous est plus connue, puisque nous l'opérons journellement dans nos laboratoires: les phénomènes qu'elle nous présente rendront sensibles ceux des cristallisations minérales, et nous ne pourrons pas nous tromper en ne nous écartant pas de l'analogie.

On doit distinguer deux espèces de cristallisation des sels:

L'une qui s'opère dans de petites masses;

Et l'autre dans des masses immenses de liquides.

Chacune présente des phénomènes particuliers qu'il faut bien distinguer.

---

(1) Essai sur les principes de la Philosophie naturelle, en 1777.

Lorsque la cristallisation se fait lentement par une évaporation insensible dans, une petite quantité de liqueur, et dans un lieu très-tranquille où cette liqueur n'est point agitée, les molécules obéissent librement à la loi des affinités; elles s'arrangent suivant les choix d'élection, et il se forme des cristaux très-réguliers. Leur volume sera d'autant plus considérable, que le temps de l'opération sera plus long.

Mais si l'évaporation est trop rapide, que la liqueur soit agitée, la cristallisation se fait confusément; on ne distingue plus les formes, et on n'obtient qu'une espèce de masse saline, dans laquelle on apperçoit néanmoins encore quelques rudimens de la cristallisation.

Ces facettes seront plus sensibles, si la cristallisation, sans avoir été assez lente, n'a cependant pas été précipitée; on apperçoit pour lors quelques cristaux très-petits.

§. 974. Mais plusieurs substances salines peuvent être mélangées, tenues en solution dans un menstrue commun, et cristalliser ensemble. Elles présentent des phénomènes différens suivant la manière dont s'opère la cristallisation; et ceci nous intéresse particulièrement pour la formation des pierres agrégées.

En général les différentes substances salines exi-

gent des quantités différentes de dissolvant pour être dissoutes et pour cristalliser; elles retiennent aussi plus ou moins d'eau de cristallisation.

Si plusieurs sels sont mélangés, et que leur cristallisation s'opère d'une manière précipitée, tous ces sels demeurent confondus et forment un magma salin.

La cristallisation s'opère-t-elle un peu moins précipitamment? ces sels affectent une cristallisation confuse, dans laquelle on distingue déjà quelques élémens des cristaux réguliers.

Mais ceux de ces sels qui exigent plus d'eau de dissolution que les autres, peuvent cristalliser les premiers, et affecter leurs figures propres; leurs cristaux bien prononcés se trouveront surchargés dans la masse des autres, qui ne seront cristallisés que confusément.

Enfin, si la cristallisation s'opère avec toute la lenteur nécessaire dans un liquide tranquille, chaque sel cristallisera séparément et d'une manière régulière; leurs cristaux seront distincts et grouppés différemment en des lieux séparés.

§. 975. Le travail des salpêtriers ou nitriers présente ces détails avec beaucoup d'exactitude.

Lorsqu'ils lessivent les terres nitrifiées, ils en portent les lessives dans des chaudières, et les évaporent à grand feu. Ils obtiennent une masse

saline composée de différens sels cristallisés confusément. Ces sels sont :

1°. Le nitre commun composé d'acide nitreux et d'alkali de tartre ou potasse ;

2°. Le nitre à base de natron ;

3°. Le nitre à base de magnésie ;

4°. Le nitre calcaire ;

5°. Le sel marin à base de natron ;

6°. Le sel marin à base de potasse ;

7°. Le sel marin à base de magnésie ;

8°. Le sel marin calcaire ;

9°. Le sulfate de magnésie ;

10°. Le sulfate calcaire, ou sélénite, ou gypse;

11°. La magnésie carbonatée.

. . . . . .

Or, parmi ces substances salées, le sel marin commun exige beaucoup d'eau de cristallisation, et les sels nitreux et marin, calcaire et magnésien en exigent moins, et cristallisent difficilement.

Pour séparer ces sels, on fait redissoudre toute la masse dans l'eau : on n'évapore que jusqu'à un certain degré déterminé par l'expérience ; le sel marin cristallise le premier, et on l'enlève.

On met ensuite la liqueur dans des bassinaux. Le nitre cristallise confusément ; mais on y remarque beaucoup de sel marin cristallisé en petits cubes, qui se trouvent enveloppés par le nitre.

L'eau-mère qui demeure contient les sels calcaire et de magnésie, qu'on pourroit faire cristalliser si on vouloit.

Tel est le nitre dit de la *première cuite*.

On répète cette opération pour avoir le nitre de la *seconde cuite*. Celui-ci contient encore beaucoup de sel marin, dont les cristaux cubiques sont plus visibles, parce que la cristallisation est plus lente.

L'opération répétée une troisième fois donne du nitre assez pur, qui néanmoins contient encore un peu de sel marin.

Enfin, si on veut avoir du nitre parfaitement pur, il faut répéter l'opération une quatrième fois.

On voit dans toutes ces opérations le nitre et le sel marin cristalliser à des époques différentes. Dans la première, la cristallisation est toujours confuse, parce qu'elle est précipitée.

Si à la seconde opération, après avoir ôté les sels calcaire et magnésien, on ne faisoit évaporer la liqueur qu'à un certain degré, et qu'on laissât cristalliser les deux sels lentement, ils cristalliseroient séparément en beaux cristaux.

§. 976. Mais les cristallisations des substances salines, opérées dans des masses immenses de liquides, offrent des phénomènes bien différens de

ceux que nous venons de voir. Ils ne sont pas encore parfaitement connus ; cependant en voici quelques-uns qui paroissent certains.

§. 977. 1°. Si dans une grande étendue d'eau, par exemple dans un étang considérable, on jette dans un endroit particulier une quantité quelconque de substances salines, ce sel se dissoudra; l'eau qui correspondra à ce local en sera chargée, tandis que les autres parties de l'eau de l'étang ne contiendront aucune partie de ce sel, ou au moins très-peu : c'est ce que l'observation a fait voir, lorsque quelque convoi de sel a été submergé dans une grande masse d'eau à-peu-près tranquille.

Il y a au Mexique un lac de plus de cinquante lieues de circonférence, dont la moitié est d'eau salée, et l'autre est d'eau douce.

Si par une cause quelconque la cristallisation s'opère, il ne se déposera donc de ce sel que dans l'endroit où l'eau l'avoit dissous, et il ne pourra s'en déposer aucune autre portion dans le reste de l'étang.

Il faut convenir que si l'eau de cet étang étoit violemment agitée, et pendant un temps suffisant, la masse saline se répartiroit en entier dans celle de l'eau.

Ce que nous avançons ici a lieu ordinairement

dans les eaux de la mer ; car elles sont beaucoup plus chargées de sels dans les pays chauds que dans les pays froids. Celles de la zone torride en contiennent environ huit fois plus que celles des zones polaires, et cependant ces dernières pourroient en tenir en solution la même quantité qu'en contiennent celles des pays chauds ; car elles sont bien éloignées les unes et les autres du point de la saturation.

Si on supposoit que les eaux des mers déposassent tous leurs sels, il y auroit donc une grande masse saline déposée au fond des mers des pays chauds, et très-peu dans les mers des pays froids.

§. 978. 2°. Si dans une grande masse de liquide, il s'en trouve des portions d'une inégale densité, les plus pesantes gagnent toujours la partie inférieure du bassin où elles sont contenues : c'est ce que nous avons vu en parlant de la température des mers. La partie des eaux qui est la plus froide se précipite au fond, et chasse à la surface les portions qui sont plus chaudes.

La même chose a lieu pour les eaux qui sont chargées de substances salines. Celles qui en contiennent beaucoup en solution, sont plus pesantes ; elles gagneront donc le fond des bassins, et chasseront à la surface celles qui n'en contiennent point ou qui en contiennent peu.

Darcet rapporte une observation qui confirme cette vérité (1). « Il y a une fontaine d'eau salée à » Salins, ville de Béarn. Une petite rivière qui passe » à côté lorsqu'elle déborde, se répand dans la fon- » taine et en remplit le bassin. Alors, pour séparer » l'eau étrangère que le débordement y a mise, on » donne le temps à celle du bassin de se reposer; » ensuite, au jour indiqué par le magistrat, on y » jette un œuf qui plonge jusqu'à ce qu'il trouve » la couche d'eau salée d'une pesanteur supérieure » à la sienne, et en même temps on vide à force de » bras l'eau du bassin que l'on jette dans le canal » voisin, jusqu'à ce qu'on apperçoive l'œuf flottant » sur la surface de l'eau salée ».

On voit donc que l'eau pas salée demeure au-dessus de celle qui est salée, parce que cette dernière est plus pesante.

§. 979. La même chose doit avoir lieu dans les grandes mers : les eaux inférieures doivent être beaucoup plus salées que celles de la surface, et elles le sont effectivement.

Le capitaine *Ellis*, dans un voyage qu'il fit dans les mers d'Afrique, plongea dans la mer un tonneau dont chacun des deux fonds est percé d'un trou : ces deux ouvertures sont fermées par

(1) Dissertation sur les Pyrénées, page 131.

des valvules jointes par une verge de fer qui traverse le tonneau, en sorte qu'elles s'ouvrent et se ferment en même temps. On plonge le baril de manière que le fond inférieur soit celui qui permet à la valvule de s'ouvrir en dedans : l'eau qui presse contre cette valvule la fait ouvrir et remplit le baril ; mais lorsqu'on le retire, les valvules se ferment, et le tonneau se trouve plein de l'eau qui étoit à la profondeur où on avoit descendu le baril. Cet instrument est de l'invention de *Hales*.

Ellis fit ses observations proche de l'équateur, et le résultat de ses expériences fut :

A Que l'eau de la mer devenoit plus salée et plus pesante à mesure qu'elle étoit prise à une plus grande profondeur.

B La chaleur de l'eau diminuoit à mesure que l'on descendoit ; cependant cette diminution s'arrêta à 650 brasses La chaleur à cette profondeur étoit de 53° de *Farenheit*, ou 9° de *Réaumur* ; à mille toises de profondeur elle fut la même. La chaleur de la terre étoit de 84° de *Farenheit*, ou de 23° de *Réaumur*. (*Voyages d'Ellis en Afrique, Journal économique, 1754, avril, pag. 186.*)

§. 980. 3°. Lorsqu'on fait cristalliser confusément une masse saline sur une grande étendue, telle que les sels marins dans les marais salans, ils

se déposent d'une manière à-peu-près uniforme sur toute la surface du terrein.

La cristallisation suivra même les petites inégalités qui pourroient se trouver à la surface du terrein; les couches se plieront à ces inégalités en se relevant ou s'abaissant de manière à former des couches, tantôt horizontales, tantôt inclinées.

Les couches seront plus épaisses dans les lieux où il y avoit plus d'eau, ainsi que dans ceux où elle étoit plus salée.

Si on fixe un petit mât, ou un petit bâton, au milieu de la cristallisation, il s'y attachera des masses salines, qui cristalliseront d'une manière régulière, et s'éleveront au milieu de la liqueur. Dans tous les autres endroits, la cristallisation est confuse.

C'est ce qu'on observe dans tous les marais salans, où les ouvriers s'amusent à placer de petits bâtons pour obtenir de ces masses salines régulières.

Dans une grande masse d'eau qui tient beaucoup de ces sels en solution, les portions inférieures de cette eau en sont plus chargées que les supérieures, comme nous venons de le voir. Il se présente ici une question du plus grand intérêt en géologie.

§. 981. Ce sel peut-il cristalliser au fond de l'eau? C'est-à-dire, la portion inférieure de l'eau peut-elle être surchargée de sel, au point de le laisser cristalliser, quoique la portion supérieure de l'eau n'en contienne qu'une petite quantité, ou même point?

Nous voyons dans les cabinets de chimie des sels en dissolution contenus dans des bocaux. Ils demeurent long-temps dissous, mais enfin ils cristallisent après un temps plus ou moins long, quoique les vaisseaux soient parfaitement bouchés, et qu'ils ne puissent rien perdre par l'évaporation. Le repos seul et le temps opèrent ces cristallisations.

Le même phénomène a lieu pour les vins. Au fond des bouteilles pleines de vin, parfaitement bouchées, il se dépose, avec le temps, beaucoup de tartre, lorsqu'elles ne sont pas agitées.

La même chose peut donc arriver à une grande masse d'eau qui tient des sels en dissolution, et qui est en repos. Le sel peut s'accumuler dans sa portion inférieure, et cristalliser. Or, il paroît que le fond des hautes mers est peu agité. On peut croire avec beaucoup de vraisemblance que les eaux de la mer Morte, qui, à leur surface, contiennent environ un quart de leur poids de sel, et qui en doivent beaucoup plus contenir à leurs parties inférieures, en laissent déposer des couches plus ou moins épaisses.

DE LA CAUSE DE LA CRISTALLISATION DES PIERRES, DE L'ANTRACITE, DU SOUFRE, DES CHARBONS, DES FILONS MÉTALLIQUES, ET DU SEL GEMME.

§. 982. QUELLE est la cause qui a opéré la cristallisation des différentes substances minérales, pierreuses, sulfureuses, salines, métalliques et bitumineuses, supposées dissoutes par des agens quelconques ?

Pour parvenir à la solution de cette question difficile et intéressante, il faut rappeler les différens procédés par lesquels on opère la cristallisation des substances salines; car celle des substances minérales a suivi les mêmes loix. Ces procédés sont,

L'ÉVAPORATION.

§. 983. *C'EST la méthode la plus usitée pour faire cristalliser les sels.*

Il ne paroît pas que, pour la cristallisation générale des matières qui composent le globe, on puisse avoir recours à l'évaporation; car il semble prouvé qu'il est impossible qu'une certaine quantité de l'eau qui appartient à la terre, puisse passer en d'autres globes.

Il pourroit seulement y avoir eu une plus gran-

de quantité d'eau suspendue dans l'atmosphère qu'aujourd'hui ; mais cette quantité ne pouvoit être bien considérable.

Par conséquent l'évaporation n'a pu avoir qu'une influence bien légère dans la cristallisation générale des substances dont le globe de la terre est formé.

Mais l'évaporation a pu, à des époques postérieures, contribuer à des cristallisations particulières. Par exemple, dans les lacs des pays chauds, dont les eaux s'évaporent, et qui se dessèchent en totalité ou en partie, les substances qui pourroient y être tenues en solution, telles que le sel marin, le natron..... si ce sont des eaux salées, y cristalliseront (§. 967).

Si ce sont des spaths calcaires, des spaths pesans, des fluors, des gypses, des spaths boraciques, des substances métalliques, des substances bitumineuses..... qui y soient dissoutes, l'évaporation les fera également cristalliser.

Mais ces phénomènes particuliers dans des lacs n'ont pu avoir lieu qu'après la retraite des eaux des mers et la découverte des continens.

LE REFROIDISSEMENT.

§. 984. *La chaleur favorise la dissolution des substances solubles ; mais la portion que*

cette chaleur fait dissoudre cristallise aussitôt que cette chaleur se dissipe et que la liqueur se refroidit.

Les cristallisations des terreins primitifs, époque à laquelle il n'existoit point d'êtres vivans, ont pu s'opérer en partie par un refroidissement : car il paroît qu'alors la chaleur étoit plus considérable qu'aujourd'hui, puisqu'il est bien prouvé que la masse du globe se refroidit continuellement (§. 776).

Les jets d'eaux bouillantes d'Islande, sur-tout ceux de Ruikum, de Geyzer..... tiennent en dissolution de la terre quartzeuse combinée avec le natron : or, ces terres se déposent par le refroidissement de ces eaux.

Il paroît, ainsi que je l'ai supposé, que les eaux qui, dans le principe, tenoient en solution les terres et tous les autres principes qui ont formé les substances dont sont composés les terreins primitifs, avoient un assez grand degré de chaleur. Ces eaux se refroidissant, tous ces principes se sont rapprochés, combinés, pour former quartz, feld-spath, hornblende, mica.... et tout aura cristallisé suivant les loix des affinités.

Mais le refroidissement n'aura pu avoir une grande influence dans la cristallisation des terreins secondaires et tertiaires ; car à cette époque les eaux étoient remplies d'êtres vivans, de

poissons, de coquillages, de vers, de plantes..... dont nous retrouvons les débris dans ces couches. Or, ces êtres vivans ne peuvent supporter une chaleur guère plus forte que celle qui existe aujourd'hui dans les mers. Nous devons supposer qu'à cette époque la chaleur n'étoit pas très-forte, et que le refroidissement, depuis ce temps, n'a pas été très-considérable.

LA PROFONDEUR DE LA MASSE DU DISSOLVANT.

§. 985. Nous venons de voir (§. 978) que les eaux qui tiennent en dissolution ou en solution différentes substances, en sont plus chargées à leurs parties inférieures : par conséquent, plus elles sont profondes, plus ces parties inférieures sont surchargées ; elles en laisseront donc cristalliser une partie.

L'AGITATION DU DISSOLVANT.

§. 986. *Un dissolvant qui est agité tient en dissolution une plus grande quantité de sels que lorsqu'il est en repos.*

Les eaux courantes qui tiennent en dissolution du spath calcaire, du gypse..... les déposent aussitôt qu'elles sont en repos : c'est ce qu'on observe dans la plupart des conduites d'eau de cette espèce : elles déposent dans tous les lieux où leur cours est ralenti.

Les eaux de la fontaine Saint-Allyre, à Clermont en Auvergne, sont extrêmement chargées de spath calcaire ; elles le tiennent en dissolution tant que leur cours n'est pas ralenti ; mais elles le déposent aussi-tôt qu'elles cessent d'être en mouvement. Si, au milieu de leur cours, on place un corps qui en ralentisse la marche, elles forment un dépôt sur ce corps, qui, au bout de vingt-quatre heures, se trouve couvert d'une incrustation fort épaisse. C'est ainsi qu'elles ont formé un pont sur un petit ruisseau où elles se versent. Un arbre couché sur le ruisseau a servi de base à cette incrustation qui forme le pont.

Les eaux de Saint-Philippe en Toscane, et beaucoup d'autres, présentent les mêmes phénomènes.

Des eaux qui, étant agitées, tiendroient en dissolution différentes substances pierreuses, métalliques ou bitumineuses, les déposeront donc dans les temps de repos, et les laisseront cristalliser.

Néanmoins le repos absolu n'est point nécessaire pour opérer des cristallisations ; elles ont lieu même dans des fluides assez agités.

Mais en même temps cette agitation pourra tenir suspendues des substances qui ne sont point dissoutes, telles que des coquilles, des os, des sables, des argiles..... Ces substances, dans des instans de repos, se précipiteront au milieu des

masses qui cristallisent, et s'y trouveront enveloppées.

Ce sera de cette manière qu'auront été déposés les coquilles, les os, les argiles, les graviers quartzeux..... au milieu des marbres, des pierres calcaires, des gypses..... ce qui annonce que ces cristallisations ne se sont pas opérées dans un fluide parfaitement tranquille.

Cette cause aura beaucoup influé sur les cristallisations des substances des terreins primitifs. Il est certain que, dans la première réunion de toutes les parties de matières qui forment le globe, elles ont dû être agitées d'un grand mouvement, qui étoit augmenté par l'action des marées et celle des vents. Les différens élémens se sont formés, les airs, les terres, l'eau.... Toute la masse a pris la figure sphéroïde. Les combinaisons minérales et les cristallisations ont commencé à s'opérer. Le mouvement intérieur de la masse totale s'est un peu ralenti.....

Ce premier noyau de matière solide étant formé, le mouvement intérieur des eaux s'est calmé de plus en plus; les vents et les marées ont cessé d'avoir la même intensité; les cristallisations postérieures se sont opérées avec plus de facilité.

L'EXCÈS D'ACIDE.

§. 987. *De l'eau surchargée d'acide, tenant des substances en dissolution, pourra les laisser cristalliser, si cet excès d'acide lui est enlevé.*

Toutes les eaux minérales qui contiennent beaucoup d'acide carbonique, sont dans ce cas. En sortant de la terre elles sont surchargées d'acide, et tiennent en dissolution différentes substances, particulièrement des oxides de fer, du spath calcaire... Cet excès d'acide se dissipe aussi-tôt qu'elles sont à l'air, et elles déposent ces substances.

Les eaux de la fontaine Saint-Allyre, à Clermont en Auvergne, tiennent en dissolution beaucoup de spath calcaire, et un peu d'oxide de fer; elles sont surchargées d'acide carbonique, qui se dissipe aussi-tôt qu'elles sortent de terre : dans le même instant elles déposent le spath calcaire en si grande abondance, que les corps qu'on y place en sont incrustés en moins de vingt-quatre heures.

Les eaux de Saint-Philippe sont surchargées d'acide carbonique, d'air hépatique, et tiennent en dissolution de la terre calcaire : l'air hépatique et l'acide se dissipent dès que ces eaux sont sorties du sein de la terre, et le spath calcaire se précipite.

La même chose a donc pu arriver aux grandes

masses d'eau qui tenoient en dissolution les substances minérales : elles pouvoient contenir quelques acides en excès. Ces acides se dissipant par une cause quelconque, elles auront abandonné les substances que ces acides en excès tenoient en dissolution. C'est sur-tout l'acide carbonique qui étoit le plus abondant dans les eaux de ces premiers temps ; et il abandonne avec beaucoup de facilité son eau de dissolution, lorsqu'il s'y trouve en excès.

L'air hépatique y étoit également en assez grande quantité, comme minéralisateur des substances métalliques : il abandonne également avec facilité son eau de dissolution.

Supposons que des fontaines telles que celles dont nous parlons, surchargées d'acide carbonique et d'air hépatique, se rendissent directement dans le sein des mers ; il est certain que leur acide et leur air hépatique.... se dissiperoient en partie, et laisseroient cristalliser les substances que ces excès de dissolvans tenoient en dissolution.

Peut-on supposer qu'avant la cristallisation générale du globe, les eaux, qui tenoient en dissolution toute cette masse, fussent surchargées de dissolvans, quels qu'ils fussent, et que ces dissolvans, par leur évaporation, eussent facilité la cristallisation des granits, des porphyres, et de

toutes les matières pierreuses ou métalliques... qui forment les terreins primitifs ?

Il est très-possible que cette cause ait influé sur les cristallisations minérales. Nous avons vu que l'acide carbonique paroît être un des principaux dissolvans des substances qui composent les terreins primitifs : or toutes les eaux qui sont surchargées de cet acide, en laissent échapper une partie dès qu'elles sont exposées à l'air.

L'air hépatique et l'hépar de soufre ou sulfure, paroissent être un des principaux dissolvans des substances métalliques : or cet air hépatique se volatilise avec beaucoup de facilité.

Ces deux gaz, l'acide carbonique et l'air hépatique, auront donc pu, par leur volatilisation, contribuer beaucoup à la cristallisation primitive des substances minérales.

LA COMPOSITION DES SELS.

§. 988. *Deux quantités données d'eau peuvent chacune tenir en dissolution une certaine quantité de substances salines ; si on les mélange, il peut se former un sel composé qui cristallisera.*

Supposons une livre d'eau chargée d'acide sulfurique, ou d'un autre acide quelconque.

Supposons une autre livre d'eau tenant de l'alkali caustique jusqu'au point de saturation.

Qu'on mélange ces deux livres d'eau, il en résultera des sels neutres, dont une partie cristallisera, parce que les deux livres d'eau ne pourront pas les tenir dissous.

Cette cause a dû avoir un grand effet dans les cristallisations minérales.

Elle a dû agir souvent dans les cristallisations des terreins primitifs. Toutes les terres, la quartzeuse, l'argileuse, la calcaire, la magnésienne, la pesante... y étoient toujours à l'état de causticité, et exigeoient plus ou moins d'eau de dissolution. Si les eaux chargées de ces terres ont rencontré d'autres eaux contenant des acides, elles auront formé des sels neutres, qui exigeant une plus grande quantité d'eau pour être dissous, auront cristallisé.

De l'eau chargée de terre calcaire caustique, rencontrant de l'acide carbonique, aura formé les pierres calcaires des terreins primitifs.

La même eau chargée de terre calcaire pure, rencontrant des eaux chargées d'acide fluorique, aura formé du fluor.

De la même eau rencontrant de l'acide phosphorique, formera le phosphate calcaire ou appatit.

Rencontrant l'acide tunstique, elle formera le tunstate calcaire.

De l'eau chargée de magnésie caustique, ren-

contrant des eaux chargées d'acide carbonique, formera du spath de magnésie.

De l'eau chargée de magnésie caustique, et rencontrant de l'acide sulfurique, formera du sulfate de magnésie.

De l'eau chargée de terre pesante caustique, et rencontrant de l'acide sulfurique, formera du spath pesant : si cette eau contient de l'acide carbonique, elle formera du carbonate barytique.

De l'eau chargée de terre quartzeuse pure et d'acide carbonique, formera du quartz.

La même chose aura lieu dans les terreins secondaires. Des eaux chargées de terre calcaire caustique, et rencontrant d'autres eaux chargées d'acide carbonique, d'acide sulfurique, d'acide phosphorique, d'acide boracique, d'acide tunstique, formeront

Des pierres calcaires,
Des gypses,
Des appatits,
Des boracites,
Des tunstites.

. . . . . .

Des eaux chargées de magnésie caustique, de terre pesante caustique, rencontrant des eaux chargées d'acides, formeront également

Des spaths pesans sulfuriques,

Des spaths pesans carbonatés,
Des spaths magnésiens.

§. 989. Mais cette composition pourra-t-elle faire cristalliser les substances des terreins primitifs? Cela ne me paroît pas douteux.

Toutes ces substances sont formées de quatre terres principales, pures ou à l'état de causticité, et de quelques oxides métalliques; savoir

Terre calcaire,
Terre magnésienne,
Terre argileuse,
Terre quartzeuse,
Oxides de fer.

La terre calcaire et la terre magnésienne pures sont solubles dans l'eau.

La terre argileuse, à l'état où elle vient d'être précipitée de l'alun par une substance caustique, est également soluble dans l'eau.

La terre quartzeuse, à l'état où elle est précipitée de sa combinaison avec une substance caustique, est aussi soluble dans l'eau.

Enfin les oxides de fer sont solubles dans l'eau, par l'intermède de l'acide carbonique.

Voilà donc les substances principales, ou les cinq terres principales élémentaires tenues en solution dans l'eau.

Mais aussi-tôt qu'elles vont se combiner, elles

formeront des sels peu solubles, qui cristalliseront; comme l'eau de chaux et l'acide carbonique forment un sel peu soluble qui cristallise: c'est le spath calcaire.

Si on unit 63 terre quartzeuse, 17 terre argileuse, 2 terre calcaire, 6 magnésie, 7 oxide de fer, on aura un feld-spath qui cristallisera aussitôt, comme étant peu soluble.

Terre quartzeuse 37, terre argileuse 39, terre calcaire 16, oxide de fer 9, formeront la tourmaline qui cristallisera, parce qu'elle forme un sel presque insoluble.

Terre quartzeuse 38, terre argileuse 28, magnésie 20, oxide de fer 14, formeront un sel presque insoluble, qui cristallisera aussi-tôt: c'est le mica.

Terre quartzeuse x, acide carbonique y, formeront le quartz.

Terre quartzeuse 37, terre argileuse 12, terre calcaire 2, magnésie 16, oxide de fer 23, formeront l'hornblende.

Voilà donc les cinq principaux élémens du granit formant des sels qui exigent beaucoup d'eau pour être tenus en solution dans l'eau, et qui par conséquent cristalliseront promptement.

LA DÉCOMPOSITION DES SELS.

§. 990. De l'eau chargée d'un sel très-soluble, par exemple *d'un alkali carbonaté ou caustique, rencontrant un autre sel qui décompose celui-ci, ou s'y combine pour en former un troisième moins soluble, il y aura cristallisation.*

Une dissolution sulfurique d'argent, par exemple, rencontrant une dissolution de sel marin, il y aura décomposition et cristallisation de sel marin d'argent, ou muriate d'argent, appelé *lune cornée*, qui est peu soluble.

Dans le mercure corné, il se trouve toujours du sulfate de mercure. On peut supposer que le mercure a d'abord été dissous par l'acide sulfurique, et a formé un sulfate de mercure soluble en grande eau. Ce sulfate de mercure ayant rencontré un sel marin quelconque, a été décomposé, et il s'est formé aussi-tôt un muriate de mercure, ou mercure corné, qui ne se dissout que dans une très-grande quantité d'eau.

De l'eau séléniteuse, c'est-à-dire tenant en dissolution du gypse, et rencontrant de l'eau tenant en dissolution du spath pesant carbonaté, il y aura double décomposition.

La terre baritique pesante ayant plus d'affinité avec l'acide sulfurique, s'y unira, et formera du

baritite, tandis que l'acide carbonique s'unira à la terre calcaire, et formera du spath calcaire.

D'autres décompositions ont pu produire un grand nombre de cristallisations minérales.

Supposons de l'eau tenant en dissolution du spath calcaire, telle que l'eau qui forme les stalactites..... si cette eau rencontre un acide plus puissant, comme l'acide sulfurique, l'acide fluorique..... le spath calcaire sera décomposé, l'acide carbonique sera chassé, et il se formera du gypse, du fluor.....

Je ne doute pas que plusieurs gypses n'aient été formés de cette manière, ainsi que des fluors...

Les grandes masses d'appatit non cristallisé de l'Estramadure peuvent encore être un effet de la décomposition des pierres calcaires par l'acide phosphorique.

Il y aura encore des décompositions produites d'une manière différente, et qui seront suivies de cristallisation.

Supposons une eau chargée d'un acide quelconque, et passant ou séjournant sur des terres ou des pierres dont les acides sont plus foibles, il y aura décomposition. De l'eau, par exemple, qui passera sur des argiles ou des pyrites chargées d'acide sulfurique, dissoudra cet acide. Si, dans son cours, elle séjourne ou passe sur des craies ou pierres calcaires, elle les décomposera, et en for-

mera du gypse. Plusieurs couches de gypse ont certainement été formées de cette manière.

L'ADDITION D'UN SEL PLUS SOLUBLE.

§. 991. *Si dans une dissolution d'un sel quelconque, on ajoute un autre sel plus soluble, celui-ci se dissoudra, et une partie du premier cristallisera.*

C'est un fait qui est prouvé par une multitude d'expériences. Si, dans une dissolution saturée de sel marin, par exemple, on ajoute du nitre, ce dernier se dissoudra, et une portion de sel marin sera précipitée.

Cependant il faut observer que l'eau saturée d'un sel peut, dans certaines circonstances, en dissoudre d'autres en différentes quantités, sans rien laisser précipiter du premier.

Cette cause peut influer sur les cristallisations minérales.

Supposons que l'eau tenant en dissolution du spath calcaire, rencontre du sel marin calcaire ou de la magnésie, ces derniers sels sont plus solubles que le spath calcaire, l'eau les dissoudra donc, et abandonnera une portion du spath calcaire, ou même tout, suivant la quantité des sels marins calcaires ou magnésiens.

§. 992. Je crois qu'avec ces principes on conce-

vra facilement comment se sont opérées les cristallisations minérales. Commençons d'abord par celles des substances qui composent les terreins primitifs.

1°. La chaleur des eaux étoit très considérable dans les commencemens. Cette chaleur a diminué peu à peu : *première cause de cristallisation.*

2°. Les eaux étoient dans une grande agitation. Cette agitation a diminué successivement : *seconde cause de cristallisation.*

3°. Ces eaux avoient une profondeur immense, égale au rayon de la terre, c'est-à-dire à quatorze cent trente-deux lieues et demie. Les substances dissoutes ont donc dû gagner la partie inférieure de ces eaux : *troisième cause de cristallisation.*

4°. La partie inférieure de ces eaux aura laissé cristalliser ces parties dont elles étoient surchargées : *quatrième cause de cristallisation.*

5°. Toutes les terres et les oxides métalliques, lorsqu'ils sont purs ou caustiques, sont solubles dans l'eau ; mais dès qu'ils se combinent, ils forment des substances qui exigent une immense quantité d'eau pour être tenus en dissolution ; tels sont le quartz, le feld-spath, le mica, la tourmaline, l'hornblende, la pâte du porphyre, le trapp, la cornéenne, le pétrosilex, les gemmes, les schorls, les pierres magnésiennes, les pierres argileuses..... *cinquième cause de cristallisation.*

Les substances minéralisatrices des métaux combinés avec ceux-ci forment aussi des mélanges qui exigent beaucoup d'eau pour être tenus en dissolution.

6°. Quelques-uns des dissolvans, tels que l'acide carbonique, l'air hépatique..... auront pu se volatiliser et se dissiper, peut-être même se décomposer.

7°. Il y a eu de nouvelles compositions de substances minérales.

8°. D'autres ont été décomposées.

Telles sont les principales causes connues des cristallisations des substances des terreins primitifs.

Ces cristallisations auront suivi les loix des affinités et les règles des cristallisations salines, comme nous l'avons expliqué ci-dessus, en parlant des cristallisations de ces différentes substances.

§. 993. Les cristallisations des substances qui composent les terreins secondaires s'expliqueront par les mêmes principes.

La terre argileuse et les oxides de fer se trouvant dissous en grande quantité, formeront les argilites.

La terre calcaire, dissoute par l'acide sulfurique, formera les gypses.

La terre calcaire, dissoute par l'acide carbo-

nique, formera les marbres et toutes les différentes espèces de pierres calcaires.

Mais différentes parties, soit des terres particulières, soit des pierres, soit des débris d'êtres organisés.... se mêleront à ces substances, et formeront de nouveaux composés.

§. 994. Toutes ces cristallisations secondaires s'opéreront par les mêmes causes que nous avons vu produire les cristallisations primitives.

1°. *L'évaporation.* Cette cause peut agir dans des lacs particuliers comme dans le lac Tozzer, et tous ceux des sables d'Afrique.... dans des mers méditerranées comme dans la Caspienne, en supposant, comme on le croit, qu'elle diminue chaque jour....

2°. Le *refroidissement.* Les mers du nord perdent journellement de leur chaleur. Les grands lacs septentrionaux, tels que ceux du nord de l'Amérique, de l'Europe et de l'Asie, se refroidissent chaque jour. Les substances qu'ils tenoient en dissolution lorsque leur température étoit plus élevée cristalliseront donc aujourd'hui.

Les lagonis de Toscane, qui ont une température de cinquante à soixante degrés, peuvent perdre de leur chaleur, et en perdent en hiver. Ils laisseront pour lors cristalliser les substances qu'ils tenoient auparavant en dissolution.

3°. *L'agitation du dissolvant.* Les eaux des mers et des lacs ont dû être autrefois plus agitées qu'elles ne le sont aujourd'hui.

4°. *L'excès d'acide.* Il a dû arriver souvent que des mers méditerranées ou des lacs ont tenu un excès d'acide. Les lagonis de Toscane contiennent beaucoup d'acide sulfureux, d'acide boracique, d'acide carbonique.... Ces acides seront saturés par de nouvelles terres qui y seront apportées, telles que de la terre calcaire, de la magnésie, de la terre argileuse, même de la terre quartzeuse: alors s'opérera la cristallisation des substances que cet excès d'acide tenoit en dissolution.

5°. *L'addition d'un sel plus soluble.* Des sels marins, calcaires et magnésiens, qui seront apportés dans des eaux qui tenoient en dissolution des pierres calcaires, des gypses.... les feront cristalliser.

6°. *La profondeur des mers.* Des substances calcaires tenues en dissolution dans des mers peu profondes s'accumuleront, si elles sont portées dans les hautes mers: dès-lors elles cesseront d'être dissoutes, et cristalliseront.

7°. *La composition et la décomposition des sels.* Différentes substances salines minérales tenues en dissolution dans les eaux des mers, et qui, en se mélangeant, se décomposent et for-

ment de nouveaux composés, pourront cristalliser, si ces composés sont moins solubles. Supposons des eaux chargées d'acide sulfurique, provenant de la décomposition des pyrites, de la combustion du soufre.... que ces eaux traversent sur des substances calcaires, elles les décomposeront, et il se formera de nouvelles cristallisations.

§. 995. Il est encore des phénomènes dans les cristallisations minéralogiques, qui méritent toute l'attention du géologue chimiste.

La plus grande partie des substances minérales, ou, pour mieux dire, toutes les substances minérales ont été tenues en solution par les eaux pour cristalliser, soit d'une manière régulière, soit d'une manière confuse; et aussi-tôt qu'elles sont cristallisées, elles deviennent insolubles.

Les pierres quartzeuses, les gemmes, les schorls, les pierres magnésiennes, les pierres argileuses, les pierres calcaires.... une fois formés, ne sont plus attaqués par l'eau. On pourroit laisser pendant des siècles les plus petites parcelles de ces pierres dans les masses d'eau les plus considérables, qu'elles ne seroient nullement attaquées.

Il n'y a tout au plus que les pierres gypseuses qui soient un peu attaquées par l'eau.

Les pierres qui contiennent beaucoup de fer à

découvert, sont également attaquées un peu par les eaux.

La plus grande partie des mines métalliques est pareillement inattaquable par les eaux, quoiqu'elles y aient été dissoutes lors de leur cristallisation.

Il en est de même des substances bitumineuses....

La cause de ce singulier phénomène n'est point facile à découvrir.

§. 996. Tous les sels qui ont cristallisé dans l'eau, même ceux qui passent pour être insolubles, se dissolvent dans une quantité plus ou moins considérable d'eau; au lieu que ces substances minérales y paroissent absolument insolubles.

Les stalactites même, que nous voyons se former sous nos yeux, sont insolubles aussi-tôt qu'elles sont formées.

On ne sauroit cependant douter que ces substances puissent se dissoudre; car un grand nombre de faits prouvent qu'elles sont dissoutes dans plusieurs circonstances.

Des amygdaloïdes, des toadstones.... sont remplis de cavités comme les laves scoriformes. C'est qu'un dissolvant quelconque a attaqué les parties qui remplissoient ces cavités, soit qu'elles fussent calcaires, soit de toute autre matière.

On a des calamines, des quartz.... cristallisés en dents de cochon, parce que ces substances ont pris la place du spath calcaire, qui a été dissous.

Il est aussi des quartz qui ont pris la place du fluor cubique; le fluor a été dissous, et le quartz conserve l'empreinte cubique.

Enfin, nous avons des cristaux de quartz vides et creux, ce qui annonce que ce quartz a été dissous en partie...

Il est même quelques faits qui peuvent jeter du jour sur ces dissolutions.

Du fer qui se rouille sur du quartz, l'attaque, le corrode, le dissout. Or du fer rouillé n'est qu'un oxide de fer chargé d'acide carbonique; cet acide peut donc attaquer le quartz et le dissoudre. L'acide carbonique qui s'échappe des eaux de Vals, dissout le quartz qui sert de parois à la fontaine.

Sans doute ces autres substances minérales qui sont dissoutes, le sont également par des eaux chargées de quelque principe qui leur est étranger.

Je pense que la plupart des substances minérales ont été tenues en solution par des eaux qui contenoient un excès d'acide. Elles ont cristallisé lorsque cet excès s'est dissipé.

De nouvelles eaux surchargées également d'un excès d'acide, pourront donc redissoudre de nouveau ces mêmes substances, comme nous venons de le voir.

DES EAUX-MÈRES DE LA CRISTALLISATION DU GLOBE TERRESTRE.

§. 997. LA cristallisation générale du globe terrestre étant achevée, il est demeuré une masse considérable d'eau, qu'on peut regarder comme *l'eau-mère* de cette cristallisation ; car cette eau n'étoit pas pure : elle devoit contenir différentes substances résidues de la cristallisation, comme le font toutes les eaux-mères. Examinons les phénomènes qu'ont dû produire ces eaux, car ils me paroissent intéressans.

Elles ne contenoient aucunes parties huileuses, extractives, ou savonneuses, comme le font les eaux-mères des nitrières, puisqu'il n'existoit rien de semblable dans ce temps-là ;

Mais elles contenoient :

1°. Quelques portions des terreins cristallisés ; savoir : des pierres quartzeuses, des gemmes, des gemmoïdes, des schorls, des pierres magnésiennes, des pierres argileuses, des pierres calcaires, des pierres gypseuses.... lesquelles n'ont pu cristalliser, parce qu'il y avoit trop d'eau ou de dissolvant. Ainsi, dans toutes les cristallisations salines, il demeure toujours une portion non cristallisée, et que l'on n'obtient qu'en faisant évaporer les dernières parties de l'eau.

2°. Parmi ces substances qui demeurent dissoutes dans l'eau-mère, se trouveront principalement celles qui exigent le moins d'eau pour cristalliser.

Le feld-spath est une des substances des terreins primitifs qui paroît exiger le plus d'eau pour cristalliser; ainsi il a cristallisé le premier, et il en demeura peu dans les eaux-mères.

L'hornblende exige encore beaucoup d'eau de cristallisation; il en demeura donc peu dans les eaux-mères.

Les quartz demandent aussi une certaine quantité d'eau pour cristalliser; ainsi il en resta peu dans les eaux-mères.

Mais la terre magnésienne exige moins d'eau pour cristalliser: la plupart des sels magnésiens sont déliquescens; les eaux-mères étoient donc chargées des sels magnésiens, savoir, de mica, de cornéennes, des différentes espèces de smectites...

Il se peut aussi que ces eaux mères continssent une certaine quantité des acides qui ont servi à la dissolution générale, tels que l'acide carbonique, le sulfurique, le fluorique.... parce que ces acides n'ont pas eu le temps de se combiner, ou ne l'auront pas pu par quelques circonstances.

Il pourroit encore y avoir dans ces eaux-mères quelques portions de terre non dissoutes, telles que des portions d'argile...

Mais il devoit s'y trouver particulièrement une certaine quantité de minéralisateurs des métaux, tenant ces métaux en dissolution, parce que ces composés sont assez solubles. Les sulfures ou foies de soufre, les phosphores, les foies d'arsenic.... sont très-solubles; tous les acides métalliques le sont également.

Ces eaux-mères étoient donc chargées principalement de sels magnésiens, de mica, de quelques portions de quartz, de feld-spath, de substances métalliques minéralisées.

Ces eaux-mères ont ensuite diminué de volume par une cause quelconque.

Les causes qui ont opéré la cristallisation générale ont continué d'agir.

Dès-lors les parties contenues dans les eaux-mères ont commencé à cristalliser elles-mêmes.

Ces nouvelles cristallisations ont été gênées par la grande quantité de magnésie qui s'y trouvoit.

C'est dans ces momens que se sont formés les granits veinés, les kneis, les divers schistes micacés.... dans lesquels la terre magnésienne domine. On y trouve, en général, peu de feld-spath, peu de quartz, et presque jamais en beaux cristaux.

Ç'a encore été dans ces mêmes eaux que cristallisèrent d'une manière confuse les pétrosilex, les trapps, les cornéennes, les wakes.... La terre

magnésienne a gêné toutes ces cristallisations, qui auroient formé des granits, si elles se fussent opérées paisiblement et librement.

Une grande partie des substances métalliques s'est déposée dans ces terreins, et y a formé de riches filons, de la manière dont nous l'avons expliqué ailleurs.

Enfin quelques portions de terres non dissoutes, telles que de l'argile, ont pu se précipiter en même temps.

En suivant plus loin ces opérations, nous verrons les continens paroître, les êtres organisés produits, les terreins calcaires secondaires s'organiser, de nouvelles couches calcaires se former....

Mais à travers ces couches calcaires premières, il s'est déposé quelques portions de kneis, qui étoient dans ces eaux. Aussi trouve-t-on souvent dans ces couches le kneis entremêlé avec le calcaire....

DES EAUX MINÉRALES.

§. 998. Quoiqu'il n'y ait point d'eaux pures dans la nature, on les regarde cependant comme telles, lorsqu'elles ne sont chargées que d'une très-petite portion de principes étrangers. Si ces principes sont en une certaine quantité, les eaux

qui les contiennent prennent le nom d'eaux minérales.

Ces eaux se distinguent en deux espèces :

Les eaux froides ;

Les eaux chaudes ou thermales.

§. 999. Les eaux minérales froides sont chargées de différens airs, sur-tout d'acide carbonique, et de différens sels : les plus communes sont les eaux martiales aérées ou chargées d'acide carbonique, qui tiennent du fer en dissolution. Cette espèce d'eau se trouve fréquemment dans les terreins secondaires ; et il est peu de contrées qui n'en contiennent. Les différences principales, qu'on observe dans ces eaux, viennent des proportions d'acide et de fer.

Cependant il s'y trouve encore souvent d'autres principes, sur-tout des sels ; tels que le natron, le sulfate de natron ou sel de Glauber, le sulfate de magnésie, ou sel d'Epsom, la sélénite, le spath calcaire...

§. 1000. Les eaux chaudes aérées ou thermales, contiennent aussi différens sels et différens airs : on peut les distinguer en trois classes générales.

1°. Les eaux chaudes aérées martiales, qui contiennent de l'acide carbonique, du fer et différens sels ; telles sont les eaux de Vichy.

2°. Les eaux thermales hépatiques, qui contiennent de l'air inflammable sulfureux ou hépatique, avec différens sels; telles sont les eaux d'Aix-la-Chapelle.

3°. Les eaux brûlantes, à la surface desquelles on apperçoit de la flamme.

§. 1001. La cause ordinaire de la chaleur des eaux thermales, est assez difficile à indiquer. Comment telle fontaine conserve-t-elle toujours à-peu-près le même degré de chaleur pendant un grand nombre de siècles? Au mont d'Or en Auvergne, la fontaine de César avoit, il y a 1800 ans à-peu-près, le même degré de chaleur qu'aujourd'hui; et vraisemblablement elle l'avoit bien long-temps auparavant.

On ne peut attribuer cette chaleur à des volcans, qui n'ont pas toujours la même intensité de chaleur; cependant cela peut être dans quelques cas particuliers.

Cette chaleur ne peut pas également être due à des matières bitumineuses en combustion; car les eaux, ou en contracteroient de l'odeur, ou même charrieroient des matières bitumineuses, comme le font celles de Gabian.

Il faut donc avoir recours à des pyrites en décomposition; elles contractent un assez grand degré de chaleur, et fournissent, 1°. de l'acide

carbonique, 2°. du gaz hépatique, ou air inflammable sulfureux, 3°. de l'acide sulfurique, 4°. du fer... Ces acides dissoudront le fer, le natron, et les différentes terres qu'elles rencontreront, pour en former des sels, le sulfate de natron, celui de magnésie, la sélénite...

L'acide sulfurique, en dissolvant le natron, la terre calcaire, la magnésie... en dégagera l'acide carbonique, qui sera aussi-tôt dissous par ces eaux, et dont elles se surchargeront, au point d'en abandonner une partie dès qu'elles seront au contact de l'air.

Il faut néanmoins, ou que ces pyrites en décomposition ne soient pas très-abondantes, puisque pour lors elles réduiroient l'eau en vapeurs, et produiroient une espèce de volcan;

Ou que ces eaux ne passent pas dans le centre du foyer de ces pyrites embrâsées, mais dans leur voisinage. Ces pyrites conserveront pour lors, pendant une longue suite de siècles, le même degré de chaleur, et pourront le communiquer aux eaux qui coulent auprès d'elles.

Or, c'est ce dernier cas qui doit avoir lieu pour les eaux de la fontaine des Bains-de-César, au mont d'Or, et dans beaucoup d'autres circonstances, où les eaux thermales ont le même degré de chaleur, depuis un grand nombre de siècles.

Ceci suppose donc qu'il existe dans le sein de

la terre de grands amas de pyrites, tels que nous n'en avons pas encore rencontré : mais il ne paroît pas possible d'expliquer autrement la cause de la chaleur des eaux thermales.

§. 1002. Les sources d'eaux minérales ne se trouvent que rarement dans les montagnes granitiques et porphyriques : on en connoît peu dans ces terreins.

Toutes les sources d'eaux chaudes ont ordinairement leur issue dans des terreins calcaires secondaires, kneiseux, schisteux... mais elles peuvent avoir leur foyer dans des terreins primitifs; les mêmes que ceux qui contiennent beaucoup de filons métalliques. C'est ce que prouvent les observations faites par *Lomet* et *Ramond*, aux Pyrénées, dans les environs de Barrèges. Les eaux de ces fontaines d'eaux thermales hépatiques sortent du milieu de bancs presque verticaux d'une espèce de marbre; mais leur foyer paroît être dans des terreins d'une autre nature, suivant ces naturalistes (1).

(1) « Un grand nombre d'observations faites sur les » lieux démontrent que dans cette partie des Pyrénées » (du côté de Barrèges) la génération des eaux thermales » hépatiques est due à certaines roches dont la pierre de » corne (la cornéenne) fait communément la base, et qui

Il ne seroit cependant pas impossible que des sources d'eaux thermales se trouvassent dans des

» sont fréquemment teintes en vert, tant par l'état du fer » qu'elles contiennent, que par un mélange de stéatite. » Dans ces roches on rencontre en outre des nœuds et des » veines ludiformes de quartz blanc opaque, des nids de » terre verte, matrice des cristaux, des ondes et des » lames de terre calcaire souvent rougeâtre et un peu bi- » tumineuse, du mica, et de *petites pyrites ferrugineuses.*

» La composition hétérogène de ces roches y laisse » beaucoup de vide. Elles sont très-caverneuses et très- » perméables à l'eau. Elles ont en outre toutes les réqui- » sitions requises pour en décomposer une partie, et com- » muniquer à la source des sels et du *gaz hydrogène sul-* » *furé, accompagné de chaleur.*

» Ces roches une fois reconnues, il n'a pas été difficile » de trouver la situation qu'elles affectent dans l'ordre de » celles qui constituent les montagnes du canton de Bar- » règes.

» Elles sont placées dans les lieux où s'opère la transi- » tion du genre calcaire en genre argileux, et de celui-ci » en genre siliceux. Dans la première position elles abon- » dent en matières calcaires; dans la seconde elles en sont » moins mélangées, et la pierre de corne y est plus ordi- » nairement bleu d'ardoise que verte. Dans toutes deux » elles sont en masses, figurées seulement par les bandes » régulières qui les encadrent, et dont elles fléchissent » souvent la direction en les écartant. Ce sont de vrais » filons placés aux lieux où les divers genres de roches » primitives s'approchent, se touchent, se confondent;

terreins granitiques, porphyriques, kneiseux..... puisque nous avons vu qu'il y existe de grandes masses de pyrites.

§. 1003. Les eaux minérales froides sont également dues à des pyrites en décomposition, mais qui n'ont qu'un foible degré de chaleur, ou dont le foyer est assez éloigné de l'issue de la fontaine, pour que ces eaux aient le temps de se refroidir.

Il y a encore des eaux qui tiennent en dissolution différens sels métalliques; telles sont celles qui passent par des mines de cuivre, celles qui coulent sur du sulfate de zinc, sur l'oxide d'arsenic...

§. 1004. Quant à celles qui contiennent de l'air inflammable phosphorique, il faut qu'il soit fourni par la décomposition de mines phosphoriques, ou celle de matières, soit animales, soit végétales, chez qui l'acide phosphorique est abondant. La chaleur des pyrites favorisera la décomposition de

» et c'est à l'égard de la source minérale, une sorte de » gangue formée du mélange des matières pierreuses » qu'elle sépare, aussi facile à retrouver par sa situation, » que facile à reconnoître par sa composition.

» En transportant ces observations sur le pic d'Eyré, » d'où sortent les eaux de Barrèges, il est facile de re- » trouver ces roches.....» (*Mémoire sur les eaux minérales des Pyrénées*, à Paris, chez *Vatar*, par *Lomet*, page 43.

ces substances, et la formation de cet air inflammable phosphorique.

§. 1005. Il y a encore d'autres eaux qu'on doit rapporter aux eaux minérales ; telles sont,

1°. Les eaux bitumineuses qui contiennent des matières bitumineuses, comme celles de Gabian, celles d'Amapalla...

2°. Les fontaines d'eaux qui contiennent du sel gemme, du sel d'Epson ou Sedliz.... et autres sels...

3°. Les fontaines de Ruikum et de Geyser en Islande. Elles sont bouillantes, et tiennent en dissolution du verre déliquescent, de la liqueur des cailloux, c'est-à-dire, de la terre quartzeuse dissoute par le natron : elles sont produites par les feux souterrains, si abondans dans ces contrées. Du natron se rencontrant avec des sables quartzeux, dans le foyer du volcan, forme un vrai verre, qui est ensuite dissous par les eaux courantes.

Peut-être cette liqueur des cailloux est-elle faite par la voie humide. Il est possible que l'eau à ce degré de chaleur, et chargée de natron, puisse attaquer ce sable, et en dissoudre une portion.

DES VOLCANS ET DE LEURS EFFETS.

§. 1006. S'il est quelques phénomènes qui aient dû effrayer les hommes, ce sont ces commotions souterraines qui semblent menacer le lieu de leur habitation d'une destruction totale; et ces flammes dévorantes qui s'élancent du sein de la terre entr'ouverte. A combien d'idées ridicules n'ont-elles pas donné naissance?

Les feux souterrains sont beaucoup plus nombreux qu'on ne pense communément. Si nous parcourons sur la carte tous ceux dont parlent les observateurs, nous serons étonnés de leur nombre; et sans doute ils ne les ont pas encore tous décrits.

D'ailleurs il y a un grand nombre de volcans soumarins; nous en soupçonnons quelques-uns, mais nous sommes bien éloignés de les tous connoître.

Il y a encore un bien plus grand nombre de volcans qui sont éteints; et comme les seuls minéralogistes en peuvent reconnoître l'existence par les traces qu'ils ont laissées, les voyageurs, la plupart peu instruits dans ces matières, n'ont pu nous en parler.

Toutes les côtes de la Méditerranée sont remplies de volcans en activité ou éteints.

Le mont Gibel ou l'Etna, en Sicile, est le plus considérable de ces volcans en activité. Suivant Guenau, sa première éruption date de quinze cents ans avant notre ère (*Collect. Acad. part. franç. Tom. VI, pag. 489*).

On trouve au sud de l'Etna plusieurs vestiges de volcans éteints, dont les principaux sont au val di Notto, dans les monts Neptuniens, et qui paroissent plus anciens que l'Etna.

Les îles Lipari ou Æoliennes, qui sont au nombre de dix, peuvent être regardées comme des productions volcaniques, ainsi que plusieurs rochers à fleur d'eau, qui sont situés au milieu d'elles. Une de ces îles, Stromboli, présente des éruptions presque continuelles.

L'Italie compte deux volcans célèbres en activité: Le Vésuve, dont la première éruption, observée avec soin, paroît dater de l'année 79 de notre ère; mais plusieurs faits paroissent prouver des éruptions antérieures.

Et la Solfatare, qui, depuis le commencement de ce siècle, ne fait plus d'éruption.

Mais le reste de l'Italie est plein de vestiges d'anciens volcans éteints.

Ces volcans s'étendent, à l'est, jusqu'à la mer Adriatique, par le mont Voltera.

Toute la côte de la Campanie présente des restes volcaniques.

Les hécatombes de Rome sont creusées dans des laves et des basaltes.

Et ces laves s'étendent jusqu'à Sienne, du côté de Boulogne.

Par conséquent, on peut assurer que depuis Sienne jusqu'au-dessous de Naples, c'est-à-dire l'espace d'environ quatre-vingts lieues, toutes ces contrées ont presque été des foyers de feux souterrains. Il faut en excepter environ vingt lieues, depuis le mole de Guete jusqu'auprès de Vellettri, où on n'observe point de vestiges de volcans.

On trouve dans le Vicentin et dans le Padouan un espace de quinze lieues qui ne présente, suivant les observations d'Arduini, que des vestiges d'anciens volcans (qui paroissent avoir été soumarins). Ils occupent une partie des monts Euganiens. Les plus considérables de ces volcans sont:

Le mont Saint-Lucas.

Le mont Gorgignano.

Le mont Rosso, à Padoue.

Les monts Diavolo, Ronca et Bolca dans le Véronois.

Le mont Lovigno, dans le Vicentin.

Et toute cette partie de l'Italie paroît avoir été ravagée par les volcans.

Tous les lagonis de Toscane sont remplis d'eaux chaudes, de vapeurs d'acide sulfureux, et de gaz hépatique.

On retrouve une quantité immense de volcans éteints, dans les parties méridionales de la France.

En Provence, à Ollioule, à Fréjus.....

Dans les Cévennes, il y a une multitude d'anciens volcans, à Rochemaure, au Coiron, à la Coupe, au Puy.....

Ils communiquent avec ceux d'Auvergne, où on distingue particulièrement le Cantal, le mont d'Or, le Puy-de-Dôme.....

Il faut voir la description de tous ces volcans dans le bel ouvrage de *Faujas*, qui en a donné de superbes dessins, et dans les divers auteurs qui en ont parlé.....

Ces volcans s'étendent dans le Forez, où on en retrouve un à Montbrisson.

Ils se propagent jusqu'en Bourgogne. Du côté d'Autun, il y a une montagne appelée *Dreven*, qui a été un volcan.

On ne connoît point de volcan dans le reste de la France, excepté en Bretagne, auprès de Treguier.

La masse des Alpes ne présente rien de volcanique.

Mais du côté du Brisgaw, et en descendant le Rhin, vers Bonn, on rencontre plusieurs volcans éteints, décrits par *Dietrich*, *Saussure*, *Noze*.:

On en trouve,

Auprès de Francfort.

A Brandeau en Hesse.

A Transberg, près de Gottingue.

Auprès d'Egra en Bohême.

A Lauban en Lusace.

A Stolperstein en Misnie.

A Leignitz en Silésie.

A Nagyac en Hongrie.

La Dalmatie en contient plusieurs, décrits par *Fortis.*

Ces volcans s'étendent du côté de l'Epire et de la Macédoine.

Tout l'Archipel de la Grèce est agité par les feux souterrains. *Pythagore*, *Pline* (*Liv.* 2.) citent un grand nombre d'îles qui ont été soulevées par des tremblemens de terre, et d'autres qui ont été englouties. La mer, suivant eux, a envahi le terrein qui séparoit la Sicile de l'*Italie* (*Ibid. chap.* 92).

Sénèque rapporte que, de son temps, l'île de Thérasie, aujourd'hui Santorin, parut au milieu des flots après un violent tremblement de terre. Depuis ce temps, elle a éprouvé un grand nombre de secousses. Dans quelques-unes, l'île a été agrandie par de nouvelles éruptions souterraines; d'autres l'ont diminuée, parce que des portions de terre se sont affaissées.

Les côtes de la Syrie ont été souvent bouleversées par de violens tremblemens de terre. Possido-

nius rapporte qu'une partie de la ville de Sidon fut renversée par un tremblement de terre.

Les environs de Babylone sont remplis de pissaphalte, ce qui y indique des feux souterrains.

La mer Morte et tous les pays voisins contiennent également beaucoup de bitume de Judée et de pissaphalte et asphalte.

Auprès du mont Taurus se trouve le mont Albours, qui jette fréquemment des flammes.

On retrouve, dans les mêmes cantons, le mont Ararath, ancien volcan éteint, et plusieurs vestiges d'autres volcans.

Il y a dans la Daourie, partie orientale de la Sibérie, des vestiges d'anciens volcans éteints. *Patrin* en a vu en deux endroits, sur les bords de la Chicca, du côté de Nerkinsk, et il assure que toutes ces contrées présentent des vestiges de feux souterrains.

Il paroît qu'il y a aussi des volcans au nord de la Chine. Les voyageurs rapportent que plusieurs provinces de ce vaste empire ont été ravagées par de fréquens tremblemens de terre.

Mais les plus célèbres qui existent dans ces régions sont ceux de Kamschatka. Il y en a trois principaux:

Celui d'Awatcha.

Celui de Tolbatchick.

Et un troisième encore plus élevé, appelé Kamsatka.

Celui d'Awatcha fit une éruption dans l'été de 1737. Le 6 octobre suivant, il y eut dans ces contrées un tremblement de terre qui renversa tout. La mer se retira deux fois, et revint sur elle-même. Une troisième fois, elle s'éleva jusqu'à deux cents pieds.

Le Japon contient plusieurs volcans : on en connoît au moins huit, soit dans l'intérieur du pays, soit dans de petites îles voisines. Il y a aussi des volcans éteints. Ce pays est sujet à de terribles tremblemens de terre. En 1703, il y en eut un qui renversa la ville de Jedo, où il périt plus de deux cent mille personnes.

Les îles Marianes renferment un volcan célèbre, nommé *Griga*.

Les Philippines contiennent plusieurs volcans, et sont agitées par des fréquens tremblemens de terre.

L'île Formose est souvent agitée par des tremblemens de terre. Il paroît qu'il y a beaucoup de feux soumarins autour de cette île. En 1782, il y eut un si violent mouvement dans les eaux de ces mers, que les flots traversèrent l'île toute entière.

L'Archipel indien est très-agité par les feux souterrains.

L'île Banda renferme un volcan célèbre.

Il y a des jets d'eaux chaudes; ce qui y annonce des feux souterrains.

L'île de Ternate renferme un volcan célèbre.

Java contient un volcan situé près de Panaracam; il jette beaucoup de flammes.

Il y avoit, au milieu de l'île de Forca, une des Moluques, un volcan considérable. Il fit une terrible éruption en 1693, après laquelle l'île fut abîmée et disparut.

Cook et *Forster* ont été témoins, le 5 août 1774, de l'éruption d'un volcan dans l'île de Tanna, une des nouvelles Hybrides.

L'île de Bourbon contient un volcan célèbre.

L'île de Madagascar renferme des jets d'eaux chaudes; ce qui y indique des feux souterrains.

L'Amérique compte un grand nombre de volcans.

Il y en a un au Mexique, près de Tlascula.

Un autre se trouve sur la côte de Honduras, près de Guatimala.

Un autre à Colima.

Un autre à Orizava, près de Vera-Crux.

Un autre sur la mer du Sud, à Rialejo, près d'Amapalla. On l'appelle *Volcano-Vejo*, vieux volcan.

Un autre se trouve dans l'île de Nicaragua.

La Grenade offre un volcan, situé près Tocayama.

La Jamaïque a un volcan qui a eu de terribles éruptions.

La Guadeloupe a un volcan dans lequel on ramasse beaucoup de soufre.

Toutes les Antilles sont fréquemment agitées par de violens tremblemens de terre.

Le Pérou présente un très-grand nombre de volcans, dont les uns sont en activité, et les autres sont éteints.

Les principaux volcans qui sont en activité dans ces régions, sont:

Celui d'Aréquipa, dont les explosions sont terribles.

Celui de Pitchinca.

Celui de Coto-Paxi, dont la flamme, dans l'éruption de 1738, s'éleva à plus de deux mille pieds. On assure que le bruit de son explosion fut entendue à plus de cent vingt lieues de distance.

Celui de Sangay, dont le bruit se fait entendre à plus de quarante lieues.

Ces mêmes montagnes sont remplies de volcans éteints, dont un des plus célèbres est Chimboraco, le pic connu le plus élevé du globe. Il a trois mille deux cent dix-sept toises au-dessus du niveau des eaux de la mer.

Les Açores sont sans cesse bouleversées par les feux souterrains et soumarins, ainsi que Madère, les îles du Cap-Vert et les Canaries.

Aux Canaries, il y a trois volcans considérables:

Celui de l'île Ténérife.

Celui de l'île Fero ou de Fer.

Celui de l'île Palma.

L'île de Fuego, au Cap Vert, renferme un volcan considérable.

Du côté de Fez, il y a une caverne appelée *Beniguazeval*, qui jette toujours de la fumée, quelquefois des flammes.

Augustin (saint) rapporte qu'il y eut dans la Lybie un tremblement de terre qui renversa cent villes.

Shaw dit que, dans le royaume d'Alger, il y a beaucoup d'eaux sulfureuses très-chaudes, et qu'on y ressent de fréquens tremblemens de terre, qui arrivent presque toujours un jour ou deux après les grandes pluies. (*Shaw, Voyage en Barbarie, Tom. 1, pag. 303.*)

Il y a des feux souterrains sous Lisbonne, comme le prouve le terrible événement qui la renversa en 1755.

Bowles a reconnu plusieurs volcans éteints en Espagne.

Tout le nord de l'Europe a été en proie aux feux souterrains.

On trouve des volcans éteints dans la principauté de Galles.

A Cadairidris.

En Ecosse.

En Irlande, sur-tout à Antrim.

Aux Hybrides, à Staffa.....

Enfin l'Islande présente par-tout des traces volcaniques. On y compte plusieurs volcans en activité, dont les plus considérables sont:

L'Hécla.

Le Kattlegiaa.

On pourroit peut-être avancer que la plus grande partie de l'île est un produit volcanique.

Cet exposé abrégé fait voir qu'il y a une grande quantité de feux souterrains qui jettent des flammes, et ont des cratères extérieurs.

Plusieurs de ces volcans paroissent éteints; mais on ne sauroit douter que quelques-uns ne brûlent encore tranquillement, et qu'il ne leur manque que de l'eau ou d'autres circonstances pour faire explosion : car on trouve, auprès de plusieurs de ces volcans, de l'acide sulfureux, qui s'évapore continuellement, comme auprès du volcan de la Coupe, en Vivarais; ou du bitume liquide et volatilisé, comme auprès du Puy-de-Dôme, en Auvergne.....

Enfin la catastrophe de Lisbonne prouve qu'il y a beaucoup de feux souterrains que nous ignorons.

Nous sommes encore moins instruits sur les lieux où se trouvent les feux soumarins. Il paroît

qu'il en existe beaucoup plus qu'on ne pense communément.

L'île de Thérasine ou Delos, soulevée il y a plus de dix-sept cents ans, est toujours agitée par ces feux

Toutes les mers qui avoisinent les Açores, les Canaries et les îles du Cap Vert, paroissent tourmentées par les feux souterrains.

On en doit dire autant de celles qui avoisinent,

La Jamaïque, la Guadeloupe.

Java, Ternate, Banda....

Formose,

Les îles du Japon.

Les îles Mariannes.

Les îles des nouvelles Hybrides.

L'Islande.

Mais nous n'avons pas encore un assez grand nombre d'observations pour connoître tous les volcans qui existent ou qui ont existé.

§. 1007. Il faut bien distinguer les volcans qui ont été souterrains des soumarins.

On reconnoît ordinairement ceux-ci, parce qu'on trouve d'abord des matières volcaniques.

2°. Des matières déposées par les eaux de la mer, telles que des cailloux roulés, des bancs de pierres calcaires, de coquilles marines....

3°. De nouvelles couches de matières volcaniques....

§. 1008. Les cratères des volcans se trouvent dans toutes sortes de terreins.

Ceux du mont d'Or, du Puy-de-Dôme.... sont dans les terreins primitifs.

Ceux des environs de Naples et de toute la côte d'Italie, ceux de Rome.... ceux du Coiron, sont dans les terreins calcaires....

L'Etna est entre le primitif, qui se trouve du côté de Messine, et le calcaire, qui est de l'autre côté....

Mais la plupart des cratères et des pics volcaniques paroissent uniquement formés de matières volcaniques. La montagne de l'Hécla, dit Troïl, est formée principalement de sable, de gravier, de cendres, de ponce, de soufre..... vomis par le volcan, avec de grosses pierres, dont les unes sont fondues, les autres sont seulement décolorées par l'action du feu, quoique peu endommagées.

Des cratères des volcans.

§. 1009. On appelle *cratère* la bouche par laquelle le volcan vomit le feu, la flamme, la fumée, et les autres substances qu'il rejette de son sein. Il faut supposer que, lors de la première inflammation des substances minérales et de leur explosion, elles font effort en tout sens. Les couches supérieures sont obligées de céder, et elles

le font dans l'endroit où elles sont le plus foibles, soit qu'elles y soient moins épaisses, soit qu'il y y ait quelques fentes, quelques crevasses; et c'est ordinairement ce dernier cas qui doit avoir lieu. Cette ouverture sera le *premier cratère* du volcan.

Parmi les matières que vomit le volcan, la plus grande partie est rejetée perpendiculairement, ou à-peu-près; elles retombent dans le cratère et sur ses bords: elles s'y amoncèlent et élèvent le cratère, mais en même temps elles le retrécissent par ses bords, de manière que, dans l'intérieur, il représente un cône tronqué renversé.

Mais lorsque ces matières se sont trop amoncelées, les bases s'affaissent, et tout le haut du cratère retombe dans le volcan. Cette bouche se trouve pour lors très-évasée; les éruptions continuent, et il se forme un nouveau cratère: c'est ce que présente le Vésuve. Son ancien cratère s'est affaissé, et forme un grand cône tronqué et évasé d'un côté: on l'appelle *la Somma*. Depuis cette chûte, les éruptions postérieures ont formé un nouveau cratère qui s'élève du côté de la Somma. C'est ce qu'on appelle aujourd'hui *le Vésuve*.

Dans la dernière éruption de 1794, que *Hamilton* regarde comme une des trois plus fortes qu'a essuyées ce volcan: savoir, celle de 79, celle de

1631, et celle de 1794, le cratère a été renversé et beaucoup agrandi.

Les portions de matières vomies par le volcan, qui ne retombent pas précisément dans le cratère, s'amoncèlent autour, forment une montagne, laquelle s'exhausse journellement par des nouvelles éruptions ; bientôt elle forme un cône rapide qui s'élève à des hauteurs plus ou moins considérables. C'est de cette manière que se forment les pics volcaniques dans des lieux où peut-être n'existoit-il primitivement aucune élévation considérable.

L'Etna a aujourd'hui 1672 toises d'élévation.

Le pic de Ténérife a 1900 toises.

Le Puy-de-Dôme a 870 toises.

L'Hécla a 834 toises.

Le Vésuve a 616 toises ou 3700 pieds.

Le Chimboraco a 3217 toises. C'est la plus haute montagne connue.

Les cratères soumarins sont sous les eaux; quelques-uns ont même été découverts postérieurement. On voit en plusieurs endroits des couches calcaires recouvrant des laves; ainsi le mont Bolca a été un volcan soumarin. Il est composé de plusieurs couches de lave alternant avec des couches calcaires.

Des cavernes volcaniques.

§. 1010. Mais par une suite nécessaire de l'élévation de ces cratères, de ces pics, de ces montagnes et des îles soulevées, il doit s'excaver d'immenses cavernes dans le sein des montagnes volcaniques : elles seront proportionnées à la masse des matières inflammables consumées, et à celle des matières calcinées et revomies. Ceci présente deux difficultés considérables.

1°. L'Etna, par exemple, est une montagne presque toute composées de produits volcaniques. Sa hauteur est d'environ dix-sept cents toises, et sa base d'environ cent milles, ou 34 lieues. Quelle excavation intérieure ne suppose pas la déjection d'une si grande masse? Qu'on ajoute la quantité de cendres jetées au loin, celle des matières combustibles qui a été consumée.... et on sera surpris de l'immense étendue que doivent avoir les cavernes intérieures qui sont sous cette montagne.

2°. On concevra difficilement comment cette montagne peut demeurer assise sur ces cavernes sans s'affaisser.

Ces difficultés seront encore plus saillantes, si on en fait l'application à des pics volcaniques, tels que Chimboraco.

Il faut supposer, 1°. que toutes ces matières vomies et consumées n'existoient pas immédiatement sous le centre de la montagne, mais qu'elles y ont été apportées de parties plus ou moins éloignées, par des galeries ou fentes collatérales.

2°. Que l'intérieur de ces voûtes immenses est en partie scorifié, vitrifié, et fait une seule masse: ce qui leur donne de la solidité.

Néanmoins il est toujours très-difficile de concevoir comment ces cavernes immenses ne s'affaissent pas.

Qu'est-ce qui entretient les feux souterrains ?

§. 1011. On ne connoît dans le sein de la terre que quatre espèces de matières minérales combustibles, comme nous l'avons vu.

1°. L'antracite, la plombagine, qui se trouvent ordinairement dans les terreins primitifs ;

2°. Le soufre ;

3°. Les pyrites (et toutes les substances métalliques) ;

4°. Les bois fossiles, les tourbes et les bitumes.

Chacune de ces substances peut servir d'aliment aux feux souterrains ; car nous savons qu'il y en a un grand nombre d'enflammées.

§. 1012. Il est peu de mines considérables de bitumes où il n'y en ait quelques portions qui sont

dans un état de combustion. Dans le Forez, auprès de Saint-Étienne, la montagne du Chambon, qui contient du charbon, est dans un état d'inflammation. Au Creuzot, à Gransac dans le Périgord, à Saarbruck.... il y a également des mines de charbon en combustion.

Le traducteur français des Voyages de Pallas rapporte l'incendie d'une montagne qui est entretenu par des bitumes. « Il existe, dit-il, une mon» tagne de charbon située sur la rive droite du Tom, » vingt verstes au-dessus de Konznetzk. Elle brûle » depuis le commencement du siècle.... En 1771, » l'on appercevoit le feu à la demi-hauteur à-peu» près de l'élévation totale de la montagne; il avoit » fondu les neiges à dix toises à-peu-près de dia» mètre. Le feu avoit pris beaucoup au-dessous de » la place qu'il occupoit alors, et gagnoit à-peu-près » dans la hauteur de la montagne qui a vingt-cinq à » trente toises d'élévation au-dessus du niveau du » Tom. A mesure que les places brûlent, elles se » couvrent d'une argile rouge qui s'endurcit par » l'action du feu. La chaleur n'est pas assez consi» dérable pour que l'on ne puisse marcher sur ce » sol. Il est plein de fentes, d'où il sort des vapeurs » ardentes, qui répandent une odeur de bitumes, » et mettent le feu aux bâtons qu'on y enfonce... ». (*Voyages de Pallas, trad. franç.* in-4°, *tom.* 11, *pag.* 110.)

Des tourbes peuvent également s'enflammer.

§. 1013. LES bois fossiles servent également d'aliment aux feux souterrains. *Pallas* parle d'une d'une montagne brûlante située dans le pays des Baschkirs. « Le feu y étoit, dit-il, depuis douze » ans. La montagne, et sur-tout des portions in» cendiées, est en partie composée d'un grès rou» geâtre, que le feu a rendu compacte et solide, » qui a conservé une partie de sa nature calcaire, » et en partie d'une pierre tendre et brûlée qui se » sépare par lamelles..... Par un temps orageux, » ou dans une nuit obscure, on voit une flamme » légère, rouge, s'élever à travers ces crevasses ar» dentes, ou une vapeur enflammée qui est poussée » à quelques arschines de hauteur. On n'y remar» que cependant point d'odeur de soufre, ni de » houille. La vapeur n'a pas plus de consistance ni » d'odeur que la vapeur étouffée d'un poële où le » bois est entièrement brûlé... ». Il paroît, par ce récit, que l'incendie de cette montagne est entretenu par des bois fossiles.

§. 1014. L'ANTRACITE pourra aussi s'enflammer et entretenir des feux souterrains; mais nous n'en connoissons pas de mines enflammées.

§. 1015. ENFIN les pyrites et le soufre serviront

aussi d'aliment aux feux souterrains. On sait que les pyrites amoncelées s'enflamment souvent, et que leur combustion dure très-long-temps.

Ce seront même ces pyrites qui seront la première origine de tous ces feux souterrains, parce qu'elles peuvent s'enflammer seules, et sans accès de l'air extérieur. *Lémery* fit un mélange de cinquante livres de limaille de fer et de soufre humectées; il les enfouit sous terre à une certaine profondeur. Le mélange s'échauffa, et finit par s'enflammer, avec explosion et commotion. (*Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris*, 1700.)

Les métaux peuvent aussi brûler.

Voilà donc plusieurs substances qui peuvent concourir à l'intérieur des feux souterrains : il s'agit de savoir si toutes y contribuent, ou s'il n'y en a que quelques-unes.

Les bois fossiles, la tourbe et les bitumes, entretiennent-ils le feu de quelques volcans?

§. 1016. La présence de quelques-unes de ces substances dans la plupart des volcans, ne paroît pas pouvoir être révoquée en doute. Plusieurs chimistes célèbres, tels que *Rouelle*, *Bergman*... pensent même que ce sont elles qui entretiennent tous les feux souterrains. Voici les principaux faits qui appuient cette opinion.

a On trouve beaucoup de sel ammoniac et d'alkali volatil dans les produits volcaniques. Dans la dernière éruption du Vésuve, en 1794, la quantité de sel ammoniac rejetée a été si considérable, que les habitans des environs en ont ramassé plusieurs quintaux : or cet alkali paroît provenir de la décomposition des bois fossiles et des bitumes, car ils en donnent beaucoup lorsqu'on les distille. Cet alkali se combinant ensuite avec l'acide marin fourni par la décomposition du sel marin, forme le sel ammoniac.

Le leucite et les laves leucitiques contiennent une quantité considérable de potasse, qui paroît ne pouvoir venir que de la combustion des bois fossiles.

b La fumée épaisse qui s'échappe du cratère des volcans, ressemble à celle que donnent les matières bitumineuses en combustion; par exemple, à celle qui s'échappe des cheminées des pompes à feu : elle est noire, s'élève à une certaine hauteur, et ensuite s'affaise sur elle-même, pour former ce que *Pline* appelle *la tête de pin*, par sa ressemblance avec un pin. *Nubes oriebatur*, dit-il, *cujus similitudinem et formam non alia magis arbor quam pinus expresserit : nam longissimo veluti tronco elata in altum quibusdam ramis diffundebatur.*

Quelquefois cependant, dans la violence de

éruption, la fumée se présente sous forme de ocons blancs : c'est qu'alors elle est enflammée ; ı prête à l'être.

Voici ce qu'*Hamilton* dit de cette espèce de ımée, lors de la fameuse éruption du Vésuve, au ois d'août 1779 (*Journ. de Physiq. janvier 781*) :

« Le dimanche 8 août le Vésuve fut tranquille jusqu'à six heures du soir, qu'une grande fumée commença à s'amonceler sur son cratère... vers les neuf heures il y eut une grande explosion... Au même instant un jet de feu transparent et liquide commença à s'élever, et augmentant par degrés, il parvint à une si singulière hauteur, que tous les spectateurs furent frappés du plus terrible étonnement. Peut-être aura-t-on de la peine à me croire, si j'assure qu'autant que j'en ai pu juger, la hauteur de cette admirable colonne de feu n'étoit certainement pas moindre que trois fois la hauteur du Vésuve lui-même, qui est de 3700 pieds. Des bouffées de la plus noire fumée, qui se succédoient rapidement, accompagnoient ce jet liquide et transparent de lave rouge et brûlante, interrompant çà et là son éclat brillant, par de gros flocons de la teinte la plus obscure ».

Il s'élève de tous les volcans une fumée plus ou moins noire, et qui précède assez volontiers les

grands jets de flamme : car ces jets ont lieu dans plusieurs éruptions. Nous venons de voir que celui du Vésuve, en 1779, s'éleva à près de 10 mille pieds. Le Coto-Paxi, en 1738, donna un jet de flamme qui s'éleva à 2 mille pieds...

Or, ces jets de flamme ne peuvent être dus qu'à une de ces deux causes, ou à cette fumée noire bitumineuse qui s'enflamme lorsque la chaleur est assez considérable, ou à de l'air inflammable qui se dégage de toutes les matières en combustion, soit des bitumes, soit des pyrites, soit du soufre... sous forme de gaz hydrogène sulfuré.....

Spallanzani a retiré du bitume liquide des laves de Lipari.

Plusieurs pierres vomies par les volcans, sont comme enduites par une matière bitumineuse.

On assure avoir vu souvent de l'huile flotter sur les eaux des environs des volcans, après les grandes éruptions. Les habitans des environs du Vésuve font voir des bitumes, des huiles minérales, qu'ils disent avoir ramassés après les grandes éruptions.

On trouve du bitume aux environs de la plupart des volcans. *Denon* rapporte que sur toutes les côtes de la Sicile, on trouve, dans les eaux de la mer, un bitume liquide. Les environs du Puy-de-Dôme sont remplis de pissaphalte : il en est de même aux environs du mont Ararath. Du côté d'Andernach, de Bonn, où il y a un si grand nom-

ore de volcans éteints, on trouve des quantités immenses d'une espèce de terre d'ombre, qui n'est qu'un bois fossile plus ou moins décomposé : il sert au chauffage des habitans de ces contrées.

Le Gorgignano, montagne volcanique du Vicentin, contient une mine de très-bon charbon, qu'on exploite.

Troïl a trouvé à l'Hécla des bois fossiles, et des ardoises chargées d'impressions végétales.

Tous ces faits, dont il seroit facile d'augmenter le nombre, prouvent d'une manière incontestable, que les feux de plusieurs volcans ont été et sont entretenus par des bois fossiles, par des tourbes et par des charbons de terre.

L'antracite entretient-il le feu de quelques volcans ?

§. 1017. Nous n'avons aucun fait positif qui le prouve. Elle ne donne ni alkali volatil, ni huile minérale : néanmoins il est probable que quelques feux souterrains sont entretenus par de l'antracite.

Les pyrites entretiennent-elles le feu de quelques volcans ?

§. 1018. C'est une opinion généralement reçue. Il suffira de rapporter ce qu'en dit *Leméry* (*Mémoires de l'académie, 1700*). Il avoit fait des

mélanges de limaille de fer et de soufre qui s'étoient enflammés; et il ajoute :

« Cette expérience seule me paroît très-capable d'expliquer de quelle manière se font dans » les entrailles de la terre les fermentations, les » remuemens et les embrasemens, comme il arrive » au mont Vésuve, au mont Etna, et en plusieurs » autres endroits : car s'il s'y rencontre du soufre » et du fer qui s'unissent et se pénètrent l'un l'autre, il doit s'ensuivre une violente fermentation, » qui produira du feu, comme dans notre opération. » Or, il est aisé de prouver que dans les montagnes dont j'ai parlé, il y a du soufre et du fer : » car après que les flammes sont finies, on trouve » beaucoup de soufre sur la superficie de la terre; » et l'on découvre, dans les crevasses où ce feu a » passé, des matières semblables à celles qui se séparent du fer dans les forges... ».

Il assigne ensuite la cause des tremblemens de terre. « Ils sont apparemment causés, dit-il, par » une vapeur qui, ayant été produite dans la fermentation du fer et du soufre, s'est convertie en » un vent sulfureux, lequel se fait passage et roule » par où il peut, en ébranlant et soulevant les terres » sous lesquelles il passe. Si ce vent sulfureux s'y » trouve toujours renfermé sans pouvoir pénétrer » aucune issue pour s'échapper, il fait durer le » tremblement de terre long-temps et avec de

» grands efforts, jusqu'à ce qu'il ait perdu son mou-» vement. Mais s'il trouve quelques ouvertures pour » sortir, il s'élance avec impétuosité, et c'est ce » qu'on appelle ouragan. Il écarte la terre et fait des » abîmes.... ».

Tous les physiciens reconnoissent aujourd'hui que les pyrites jouent un très-grand rôle dans les feux souterrains.

Toutes les substances métalliques minéralisées par le soufre peuvent également s'enflammer et servir d'aliment aux feux souterrains.

Enfin, les métaux eux-mêmes peuvent brûler seuls, tels que le zinc, l'arsenic, le fer....

Le soufre entretient-il le feu de quelques volcans?

§. 1019. D'APRÈS ce que nous venons de dire, il n'est pas douteux que le soufre contenu dans les pyrites ne soit un des principaux alimens de plusieurs feux souterrains : et effectivement il se rencontre par-tout dans les volcans, il s'exhale sous forme d'acide sulfureux. La vapeur qui sort des cratères des volcans en activité est d'acide sulfureux; toutes les *fumaroles* sont d'acide sulfureux. On voit le soufre se sublimer par-tout dans les déjections volcaniques, dans les parties des cratères moins échauffés; enfin il coule quelque-

fois avec la lave, comme on le voit au pic de Ténérife. On trouve le soufre par-tout à la Solfatare, aux îles Lipari, à l'Hécla....

Mais ce soufre vient-il uniquement des pyrites, ou peut-il se trouver dans l'intérieur des volcans, des mines de soufre, telles que celles du val de de Mazzara, du duché d'Urbin?... Nous n'avons aucunes notions précises à cet égard, et nous sommes obligés de nous en tenir aux analogies, qui nous disent qu'il peut y avoir du soufre pur dans le sein des volcans, comme il y en a ailleurs.

§. 1020. De toutes ces substances minérales combustibles, qui peuvent concourir à servir d'aliment aux feux souterrains, il n'y en a qu'une, savoir, le soufre que les faits attestent exister dans tous les volcans, puisqu'on l'y voit par-tout, et sous sa forme naturelle, et sous celle d'acide sulfureux.

Il n'est guère permis de douter qu'une partie de ce soufre ne vienne des pyrites.

D'autres faits paroissent également assez bien prouver que les bitumes servent d'aliment à quelques volcans: c'est ce qu'on doit conclure *a* du pétrole que *Spallanzani* a retiré de quelques laves de Lipari; *b* de la quantité d'alkali ammoniacal, et de sel ammoniac qu'on trouve au Vésuve....

Mais aucun fait direct ne prouve que l'antracite entretienne le feu de quelqües volcans.

Pour jeter encore plus de jour sur cette matière difficile, il faut examiner la nature des pierres volcaniques.

De la nature des pierres volcaniques.

§. 1021. UNE des questions les plus intéressantes que présente cette matière est de savoir :

1°. Quelles sont les pierres qui ont été altérées par les feux souterrains pour former les substances volcaniques.

2°. Quel est leur degré d'altération, de fritte, de fusion, ou de vitrification.

Il faut observer qu'il ne sauroit y avoir aucun doute sur plusieurs pierres volcaniques qui sont évidemment des granits, des porphyres, des leucites, des pissites, des pétrosilex.... lesquels ont éprouvé un degré de chaleur quelconque.

Mais il n'en est pas de même des laves noirâtres à-peu-près homogènes. Les naturalistes sont partagés sur leur nature. On a deux sortes de données pour parvenir à cette solution.

L'une est l'analyse de ces substances : elles ont été faites par divers savans qui en ont toujours retiré à-peu-près les mêmes produits, quoiqu'ils eussent pris ces laves en différens lieux.

Bergman a analysé du basalte de Staffa, qui lui a donné :

Silice,	52.
Alumine,	15.
Chaux,	8.
Oxide de fer,	25.

Dolomieu a retiré d'une lave compacte de l'Etna :

Silice,	60.
Alumine,	25.
Terre calcaire,	3.
Magnésie,	2.
Oxide de fer,	10.

Faujas a retiré d'une basalte du Vivarais :

Silice,	46.
Alumine,	16.
Terre calcaire,	10.
Magnésie,	3.
Oxide de fer,	22.

Spallanzani dit en avoir presque toujours retiré de l'acide marin.

Ces analyses ne nous instruisent pas sur la nature de cette lave, car elles peuvent convenir à plusieurs substances. Les trapps, les cornéennes, les pétrosilex... contiennent à-peu-près les mêmes principes. Cependant les oxides de fer y sont moins abondans, puisqu'ils font, suivant *Bergman*, à-peu-près le quart des basaltes. La pesanteur de ces laves

est aussi plus considérable que celle des trapps, cornéennes ; enfin elles sont plus sensibles à l'action de l'aimant. Ces analyses indiqueroient donc plutôt des schistes très-ferrugineux.

D'où on pourroit conclure que ces basaltes ou laves ne sont point des cornéennes ou trapps purs, et qu'ils rapprocheroient plutôt des schistes argileux et ferrugineux.

Des terreins où sont situés les foyers des volcans.

§. 1022. Le second moyen de juger de la nature des pierres volcaniques, est d'examiner la nature des terreins dans lesquels se trouvent les feux souterrains : or, nous avons vu que les cratères des volcans s'ouvrent dans toutes sortes de terreins, terreins secondaires et terreins primitifs. Mais dans quel terrein est le foyer du volcan ? Les opinions sont partagées.

Les uns croient qu'ils sont toujours dans les terreins primitifs, et ils apportent en preuves les laves, qui ont pour bases les granits, les porphyres, les pétrosilex, les cornéennes, les wakes.... et autres substances des terreins primitifs.

On pourroit encore citer en faveur de cette opinion les eaux thermales, dont plusieurs sortent des terreins primitifs secondaires, comme celles

de Barrèges (§. 1004), et qui sont entretenues par des pyrites effleuries ou en combustion. Si ces pyrites étoient en plus grande masse, ou que les eaux passassent sous leurs foyers, il y auroit explosion et volcan.

§. 1023. D'AUTRES naturalistes pensent que les feux souterrains ne sont entretenus que par les bitumes et les pyrites qu'elles contiennent; d'où ils concluent que ces foyers sont dans les terreins bitumineux; et voici une partie des raisons sur lesquelles on fonde cette opinion, que j'avois également embrassée dans la première édition de cet ouvrage.

a Les schistes ferrugineux forment le plus souvent le toit et le mur des couches bitumineuses. Ces schistes sont souvent quartzeux; quelques-uns sont micacés; d'autres contiennent des parties calcaires. Ainsi, leur analyse donnera les mêmes produits que nous avons retrouvés dans les laves compactes; savoir :

Silice.
Alumine.
Chaux.
Magnésie.
Oxide de fer.

Les terres calcaires et magnésiennes y sont moins abondantes que les autres; quelquefois

même il n'y a pas de magnésie, ce qui dépend de la nature des schistes: et comme les schistes qui recouvrent les bitumes diffèrent peu entre eux, les produits volcaniques auront également de grandes ressemblances. Aussi observe-t-on fort peu de différence entre les masses des produits des divers volcans connus, tels que ceux d'Italie, de France, d'Allemagne, d'Ecosse, d'Irlande, d'Amérique, d'Asie.... et on résoudra de cette manière le fameux problême,

«Comment les produits de tant de volcans di»vers, dont les cratères sont dans des terreins dif»férens, peuvent-ils avoir tant d'analogie»?

b Les schistes et les matières qui recouvrent les couches de charbon enflammées, comme à Cransac, dans le Rouergue, acquièrent, par cette calcination un facies qui ne ressemble pas mal à celui des laves compactes.

Si le degré de feu est plus considérable, ils se boursoufflent, et forment une matière qui a beaucoup de ressemblance avec les laves poreuses et scoriformes.

Enfin lorsque la chaleur est encore plus forte, le schiste entre en fusion, et donne un verre noir, comme on le voit dans le laitier des forges.

c La nature de la pouzzolane confirme ces apperçus; car on forme des pouzzolanes artificielles entièrement semblables aux naturelles, en faisant

chauffer des argiles ou des schistes ferrugineux. Or, ces argiles et ces schistes sont très-communs dans les terreins bitumineux, dans les terreins secondaires. Ils sont, au contraire, très-rares dans les terreins primitifs, qui contiennent les cornéennes, les trapps, les wakes....

d Un grand nombre de ces laves compactes ou basaltes est très-fragile.

« Toute la montagne de Transberg, près Got-» tingue, dit *Merok*, est composée de prismes » d'un basalte très-compacte et très-sonore. Ces » belles masses sont si légèrement agglutinées par » un limon ferrugineux, qu'à peine les ouvriers y » ont insinué leurs outils, qu'elles *se brisent* » *comme du verre* ». (*Journal de Physiq. septembre 1785.*)

« Les laves dont on fait les pavés, dit *Dolo-» mieu* (*Journal de Physique, 6e cahier, pag.* » *414, an. 1794*), casseroient presque aussi aisé-» ment que des boules de verre, si on ne les arro-» soit pas d'eau »....

Or, les cornéennes cassent très-difficilement, et s'amolissent presque sous le marteau, comme le feroit de l'argile desséchée. Les trapps se cassent aussi avec difficulté.

e Ces laves sont beaucoup plus dures, plus sonores.... que les trapps et les cornéennes....

f Le leucite et les laves leucitiques contiennent

une quantité considérable de potasse. Or, cette potasse ne paroît pouvoir venir que de la combustion de matières végétales.

g Spallanzani a retiré de l'acide marin de la plupart des laves de l'Italie et de la Sicile. Or, cet acide ne se trouve point dans les pierres des terreins primitifs. Il y est apporté par les eaux de la mer....

§. 1024. QUANT aux laves granitiques, porphyriques.... on peut facilement en expliquer l'origine dans cette hypothèse. Les couches de charbon sont souvent contiguës aux montagnes primitives, comme nous l'avons vu au Creuzot, près Mont-Cenis. Les substances qui composent ces montagnes, telles que pétrosilex, trapps, cornéennes, granits, porphyres, asbestes, serpentine, mica, hornblende.... peuvent donc éprouver un assez grand degré de chaleur pour être fondues et rejetées sous forme de laves. Ainsi, dans cette hypothèse, on aura également,

Des laves granitiques.
Des laves porphyriques.
Des laves leucitiques.
Des laves à base de cornéennes.
Des laves à base de wake.
Des laves à base de trapp.
Des laves à base de pétrosilex.

Des laves à base de pechstein.

. . . . . .

Dans ces laves, on trouvera les feld-spaths, les micas, les grenats, les leucites, les hornblendes, les amphiboles, les volcanites....

Quelques-unes de ces substances pourront être rejetées sans être altérées par le feu, ou au moins l'étant très-peu, comme le sont, au Vésuve, les marbres primitifs, les schistes micacés, qui contiennent l'hyacinthine, le virescite....

Tous ces faits paroissent suffisans à ces physiciens pour prouver que toutes les laves noirâtres ne sont point formées de cornéennes, de wakes et de trapps purs, et que quelques-unes peuvent l'être des schistes qui recouvrent les bitumes.

§. 1025. Ceux qui soutiennent que les foyers des volcans sont dans les terreins primitifs, disent que les laves compactes et les basaltes ne sont point formés de schistes, dont ils diffèrent entièrement, mais qu'ils le sont de cornéennes, de trapps, de wakes.... auxquels ils ressemblent tellement, que les yeux les plus exercés ont souvent de la peine à les distinguer.

§. 1026. Il me semble que les partisans de la première opinion peuvent répondre que cela n'est point exact. Les laves compactes de cette nature

sont en général plus pesantes que les cornéennes; elles contiennent plus de fer, sont plus sensibles à l'action de l'aimant, sont plus dures, plus sonores, plus cassantes.... ainsi que nous l'avons vu.

On sent bien qu'il doit y avoir une grande différence entre ces substances, puisque les cornéennes, les wakes, les trapps... sont formés par une cristallisation aqueuse, et que les laves et basaltes le sont par une cristallisation ignée.

D'ailleurs quand on supposeroit que ces laves sont formées de cornéennes, de trapps... elles devroient encore différer de ces pierres: car quelle qu'ait été la substance combustible qui les a chauffées et fondues, elle a donné un résidu; en supposant même que ce soient des pyrites ou du soufre.... le résidu aura été ou ferrugineux, ou tout autre. On peut supposer qu'il a été ferrugineux, puisque les laves contiennent une si grande quantité de fer. Or, ce résidu, tel qu'il soit, étant mélangé avec la cornéenne, le trapp, la wake... en altérera toujours la nature. On ne peut donc pas dire même, dans cette hypothèse, que les laves sont absolument semblables aux cornéennes, aux trapps, aux wakes....

§. 1027. Mais le principal argument de ceux qui soutiennent que ces espèces de laves et de

basaltes sont composées de cornéennes, de wakes, de trapps, est celui-ci :

« Ces laves ne sont jamais homogènes ; elles » contiennent toujours ou de l'olivine, ou de l'amphibole, ou du volcanite.... Or, ces substances » ne se trouvent point dans les schistes bitumineux ».

Quant aux objections qu'on leur fait, ils répondent :

1°. Que la plus grande pesanteur des laves vient de la retraite qu'elles ont éprouvée par la chaleur, qui fait que, sous un même volume, il y a plus de matière.

2°. Que leur fragilité vient de cette même retraite.

3°. Que leur plus grande action sur l'aimant vient de ce qu'une partie de leur fer a été revivifiée.

4°. Que les pouzzolanes ne sont point des argiles chauffées, mais des *trass*, ou laves scoriformes.

5°. Que les charbons qu'on trouve sur l'Etna et autres volcans ont été déposés postérieurement aux premières éruptions de ces volcans, et n'ont aucun rapport avec les matières contenues dans le foyer des volcans.

§. 1028. Il ne me paroît point que ces argu-

mens soient satisfaisans ; car je ne nie point que plusieurs laves, telles que les granitiques, les porphyriques .... ne viennent des terreins primitifs ; que plusieurs autres soient formées de trapps, de cornéennes, de wakes, de pétrosilex, de pechstein.... mais en même temps je dis que ces laves noirâtres ne sont point absolument ressemblantes aux cornéennes, aux wakes, aux trapps ; et on en convient, puisqu'on suppose qu'elles ont éprouvé une grande retraite qui les a rendues plus pesantes, plus sonores, plus fragiles, plus attirables à l'aimant.

Je soutiens encore que plusieurs de ces laves viennent aussi des terreins secondaires, et en sont formées, puisqu'on trouve ces laves avec du charbon, du pétrole, du sel ammoniac, de la potasse....

§. 1029. QUANT à l'objection qu'on fait que les volcans en activité devroient rejeter de ces schistes et de ces bitumes.... je rétorque l'argument, et je dis : ils devroient donc aussi rejeter, ou des pyrites, ou du soufre en nature... On me répondra, sans doute, que ces substances sont consumées par l'ardeur de la chaleur. Je ferai la même réponse pour les bitumes, les pétroles....

§. 1030. ON dit encore : ces espèces de laves contiennent presque toujours, ou de l'olivine, ou

du volcanite.... qui ne se trouvent jamais dans les terreins secondaires; mais je réponds qu'ils ne se trouvent pas davantage dans les cornéennes et les trapps. Ainsi la difficulté est la même dans les deux systêmes; et le leucite qui contient de la potasse, annonce qu'il entre dans sa formation des résidus de la combustion des bois fossiles.

Je conviens encore qu'on peut assigner à l'alkali ammoniacal et au sel ammoniac une autre origine que celle des bitumes; car il est sûr que les eaux des mers pénètrent dans l'intérieur des volcans, comme on le voit par la quantité d'acide marin que contiennent les différens produits volcaniques. Or ces eaux peuvent porter avec elles des poissons, des coquilles.... qui, consumés par la chaleur, donneront de l'alkali ammoniacal. 2°. Plusieurs faits paroissent prouver que les alkalis fixes, tels que la potasse et le natron, peuvent passer à l'état d'alkali ammoniacal. 3°. Le fer dans différens mélanges, par exemple avec le nitre, donne le même alkali.

Mais nulle autre substance que les bitumes ne peut fournir le pétrole qu'on trouve dans différentes laves, telles que celles de Lipari.

La potasse ne peut être également fournie que par le résidu des végétaux brûlés.... à moins qu'on ne voulût dire qu'elle se trouve dans les terreins primitifs; mais nous n'en avons aucun exemple.

§. 1031. De tous ces faits il me paroît qu'on peut conclure :

a Qu'une grande partie des laves a été fournie par les substances des terreins primitifs, tels que

Les laves granitiques ;
Les laves porphyriques ;
Les laves pétrosiliceuses ;
Les laves pissiformes ;
Les laves cornéennes ;
Les laves wakéennes ;
Les laves trappéennes.

b Que d'autres ont été formées dans les terreins secondaires, tels que les laves avec pétrole...

c Que la plupart de ces laves ne sont pas composées de substances pures ; qu'elles y sont mélangées avec les résidus de la combustion, sur-tout avec des parties ferrugineuses.

d Que quelques-unes de ces laves ont pu être formées par les schistes, et autres substances qui recouvrent les bitumes.

e Que ces feux souterrains sont entretenus, 1°. par du soufre ; 2°. par des pyrites et autres substances métalliques ; 3°. par de l'anthracite ; 4°. par des bois fossiles, des tourbes, des bitumes....

f Que le foyer des volcans paroît néanmoins être le plus souvent dans les terreins primitifs secondaires.

Nous avons vu que plusieurs eaux thermales sortent de ces terreins primitifs secondaires, telles que celles de Barrèges. Or la chaleur de ces eaux et leur qualité sont dues à des amas de pyrites effleuries. « La génération des eaux thermales hépatiques est due à certaines roches, dont la pierre de corne fait communément la base mélangée de fer et de stéatite. On y rencontre des nœuds et des veines ludiformes de quartz blanc opaque, des nids de terre verte chlorite, des ondes et des lames de terre calcaire, souvent rougeâtre et un peu bitumineuse, des micas et des petites pyrites ferrugineuses ».

Supposons que des eaux arrivent sous ces amas de pyrites, nous aurons un volcan dont le foyer sera dans ces terreins primitifs secondaires.

DE LA LAVE PRISMATIQUE, OU BASALTE.

§. 1032. Une grande partie des laves compactes affecte, dans certaines circonstances, une forme prismatique : c'est ce qu'on appelle *les Chaussées des Géans*. Ces colonnes prismatiques ont trois, quatre, cinq, six, sept, huit, et quelquefois neuf angles ; elles se trouvent le plus souvent par milliers. Une des plus belles chaussées qu'on connoisse, est celle de la grotte *Fingal* dans l'île de

Staffa : il y a des prismes qui ont jusqu'à quatre pieds et demi de diamètre, et soixante-six pieds de hauteur, dit *Faujas*, et ces prismes y sont dans un nombre incalculable. La plupart des volcans éteints présentent une multitude de colonnes prismatiques, comme on le voit dans les Cévennes, au Mont-d'or, à Bonn, à Andernach, à Antrim....

Ces prismes basaltiques ont le plus souvent les angles très-vifs et assez réguliers : cependant cette régularité ne se soutient pas constamment tout le long de la colonne ; et dans plusieurs colonnes ils sont irréguliers.

Il s'est élevé parmi les naturalistes une grande question sur la nature de ces basaltes prismatiques.

Sont-ils cristallisés par le feu ?

Sont-ils cristallisés par l'eau ?

Cette forme n'est-elle qu'une simple retraite opérée par le refroidissement ?

La plus grande partie des naturalistes avoit regardé la lave compacte, ou basalte prismatique, comme un produit du feu. La figure prismatique est due, disent-ils, à une retraite opérée par le refroidissement de la matière incandescente, ou une espèce de cristallisation.... On a appelé ces naturalistes des *vulcanistes*.

Plusieurs autres naturalistes ont adopté une

opinion différente ; ils ont distingué deux espèces de laves :

La lave incandescente,

La lave non incandescente.

La première est celle qui coule sous forme de fleuve enflammé du cratère volcanique.

L'autre lave n'a point été une lave incandescente coulante, mais plutôt une espèce de cendre volcanique ou pouzzolane, dissoute par un fluide aqueux ; l'eau, soit celle des mers ou toute autre, l'attaque de nouveau, la dissout en partie et la dépose en masse. C'est, ajoutent-ils, dans cet état qu'elle lui fait prendre la forme prismatique.

Cette opinion a été embrassée par *Bergman*, *Guettard*, et plusieurs célèbres naturalistes d'Allemagne, qu'on appelle en conséquence *neptuniens*. Ils apportent en preuve de leur assertion qu'on a vu des prismes de basalte qui reposent immédiatement sur des charbons et d'autres matières combustibles. Or, disent-ils, si ces prismes avoient été formés de laves incandescentes, ces matières combustibles auroient été brûlées, consumées, ou altérées suivant le degré de l'intensité de la chaleur.... D'où ils concluent que ces laves et basaltes ont été remaniés par les eaux.

L'autre opinion me paroît plus vraisemblable. On a vu des laves de l'Etna, du Vésuve, se rendre

à la mer, et y affecter la forme prismatique. Telle fut la lave qui, en 1669, traversa la ville de Catane, et se rendit à la mer.

Bergman appuyoit son opinion sur l'identité qu'il avoit observée entre certaines laves et certains trapps, qu'on ne peut nier avoir été formés dans l'eau.

Je répondrai à cet illustre chimiste, que certaines laves qu'on a vu couler, et qui n'ont jamais été dans l'eau, ont la même ressemblance avec des trapps, des cornéennes, des wakes... D'ailleurs, par quels agens fera-t-il dissoudre cette lave dans les eaux de la mer? Et comment supposera-t-il qu'une mer agitée, comme elle l'est toujours dans ces circonstances, pourra déposer des colonnes de soixante à quatre-vingts pieds de hauteur? ....

Peut-on regarder cette forme basaltique qu'affectent ces laves, comme une véritable cristallisation, ou comme une simple retraite? On a des exemples d'argiles chauffées, et qui, en se desséchant, ont affecté une forme prismatique. Dans le *Ludus*, on voit le dessèchement produire des formes prismatiques.

Je ne pense pas que l'on doive regarder ces formes comme le produit de cristallisations régulières. Mais ces retraites dépendent toujours en partie de la force qui fait cristalliser toute la ma-

tière ; autrement ces retraites seroient absolument irrégulières. D'ailleurs il y a de ces prismes articulés et emboîtés comme ceux de certaines aiguemarines.

DE L'ACTIVITÉ DES FEUX VOLCANIQUES.

§. 1033. Les physiciens ne sont point d'accord sur le degré d'activité des feux souterrains. On leur voit fondre d'un côté des masses immenses de laves. Le courant qui renversa Catane, en 1669, avoit une étendue immense. Il y eut, en 1783, un courant de laves en Islande, qui parcourut quatre-vingt-quatorze milles en longueur, et couvrit un espace de cinquante milles en largeur. (*Spallanzani, tom. III.*) Quel degré de chaleur ne faut-il pas pour réduire en fusion des masses aussi considérables !

Ces laves conservent quelquefois leur chaleur plusieurs années. Celle de l'Etna, en 1614, coula pendant dix ans, et ne fit que deux milles: d'où *Dolomieu* a conclu que cette lave devoit contenir en elle-même une matière combustible, qui brûloit continuellement, et entretenoit la chaleur de cette lave.

D'un autre côté, dit-on, il se trouve au milieu de ces laves des substances très-fusibles par elles-mêmes, telles que le volcanite, l'amphibole.... qui

lemeurent intactes, et ne sont point attaquées. Le degré de chaleur qui a fondu la lave n'est donc pas aussi considérable qu'il paroît au premier aspect.

On peut concilier ces deux opinions, en disant que ce feu n'a pas toujours la même activité. Il est certain que, pour réduire en fusion ces courans immenses de laves, il faut un grand degré de chaleur. Plusieurs de ces substances sont à demi-vitrifiées, comme les ponces, ou entièrement vitrifiées. Mais il peut se trouver des circonstances particulières où l'activité de ce feu est ralentie; et par conséquent des substances assez fusibles ne sont point fondues.

Quant au degré de chaleur que des laves conservent pendant plusieurs années, il est dû à plusieurs causes:

1°. A la masse énorme du courant.

2°. Les laves sont des mauvais conducteurs du calorique; par conséquent elles le conserveront long-temps.

3°. Il paroît que les laves contiennent encore une portion de soufre, qui continue de brûler, comme le prouvent les vapeurs sulfureuses qui s'en échappent sans cesse. Des portions de fer, de zinc.... de bitumes, peuvent aussi y contribuer.

4°. Enfin ces cas sont rares; et la plupart des laves se consolident promptement. Il y a donc eu

dans la lave de 1614 des circonstances particulières dont il faut rechercher les causes.

Comment les volcans brûlent-ils sans communication avec l'air?

§. 1034. Le principe général est qu'il ne sauroit y avoir combustion sans le concours de l'air *pur*: or il paroît difficile qu'il y ait dans l'intérieur des volcans, sur-tout dans les soumarins, la quantité d'air pur suffisante pour entretenir de tels incendies. Quelles sont donc les ressources de la nature? Telle est la question qui se présente.

§. 1035. De savans naturalistes, frappés de la force de ces difficultés, ont supposé qu'il n'y avoit réellement point de combustion dans l'intérieur des volcans. « Je ne sais, dit *Bertrand*, s'il » y a toujours du feu ou de la flamme dans les » foyers des volcans, et si une simple efferves- » cence ne peut pas, dans certaines rencontres, » produire quelques-uns de ces effets ». (*Pag. 175, Mémoires sur les tremblemens de terre.*)

« N'est-il pas possible, disent d'autres savans, » que, dans l'intérieur du volcan, il y ait seule- » ment effervescence, chaleur et dégagement » de fluides élastiques sans combustion, comme » dans l'intérieur d'une cornue, lorsqu'on distille

des matières combustibles, sans accès de l'air » extérieur ? Et ces fluides élastiques ne s'enflam- » meroient que lorsqu'ils ont le contact de l'air » extérieur ! Il en seroit de même du soufre, des » bitumes.... En sorte qu'il n'y auroit aucune com- » bustion dans l'intérieur des volcans. Les matières » qui seroient dans ce foyer pourroient néanmoins » être échauffées jusqu'à l'incandescence et à la » fusion.... comme elles le sont dans la cornue dont » nous venons de parler (1) » .....

La chose, sans doute, seroit très-possible, et peut avoir lieu quelquefois. Le violent mouvement de toutes ces matières en effervescence peut produire une chaleur capable de les échauffer jusqu'à l'incandescence, et de les réduire en fusion; mais il est également certain qu'il peut y avoir une vraie combustion.

§. 1036. La chimie nous a appris que plusieurs oxides métalliques, qui se trouvent dans l'intérieur de la terre, tels que ceux de manganèse, ceux de fer.... contiennent beaucoup d'air pur. Or, cet air sera suffisant, dans quelques circonstances, pour entretenir la combustion des matières inflammables qui se trouvent dans ces souterrains.

(1) *Dolomieu*, Journ. de Physique, 1794.

De célèbres physiciens de Hollande, *Deiman*, *Paets Vantroosvyk*, *Bondt*, *Niewland*, *Vanlawremburg*, viennent de faire une expérience qui prouve que la combustion peut même avoir lieu sans le concours de l'air extérieur (1). Ils ont fait des mélanges analogues à la nature des pyrites; c'est-à-dire qu'ils ont mêlé du soufre en poudre avec des limailles de différens métaux, tantôt avec celle du cuivre, tantôt avec celle du fer, avec celles du zinc, de l'étain, du plomb, de l'argent.... Ils ont chauffé légèrement chacun de ces mélanges dans des vaisseaux parfaitement clos, qui n'avoient aucune communication avec l'air extérieur, et chacun d'eux s'est enflammé.

L'inflammation a eu lieu également dans des vaisseaux à l'appareil au mercure, sans l'accès d'aucune espèce d'air.

Ils ont eu soin également que les matières mêlées fussent sans humidité.

Or, tous ces mélanges sont des pyrites artificielles.

Les pyrites naturelles, que nous avons vu être une des causes principales de l'inflammation des volcans, sont composées de soufre et de fer; elles contiennent souvent des oxides de manganèse, de cuivre..... Elles pourront donc s'enflammer

(1) Journ. de Phys. 1794, 5e cahier.

galement dans les entrailles de la terre, sans l'accès d'aucune espèce d'air. Cela confirme de plus en plus que, dans l'expérience de *Lémery*, que nous avons rapportée, il y a inflammation, comme l'avoit avancé.

§. 1037. Nous savons encore que, dans la fameuse expérience où on fait passer de l'eau à travers un tube de fer incandescent, tel qu'un canon de fusil, il y a réellement les mêmes effets que dans la combustion : car un charbon qu'on y expose y est consumé ; le fer et d'autres métaux y sont calcinés.... Le fait est constant, de quelque manière qu'on l'explique, ou par la décomposition de l'eau, ou par l'air contenu dans cette eau....

Or, dans tous les volcans il y a de l'eau ; la combustion par conséquent peut s'y opérer sans communication avec l'air extérieur, comme elle se fait dans le canon de fusil....

Les bitumes brûlent même dans l'eau : ces feux grégeois, si fameux autrefois, étoient composés d'huiles minérales, combinées avec d'autres substances, peut-être avec des oxides métalliques, sur-tout ceux de manganèse, ou avec du nitre. Ces mêmes substances pourront donc brûler dans l'intérieur des volcans, soit souterrains, soit soumarins.

§. 1038. Ces causes diverses pourront donc entretenir l'inflammation des feux volcaniques sans accès de l'air extérieur. Les soumarins brûleront jusqu'à l'instant qu'une trop grande quantité d'eau ne les inondera pas entièrement ; car il faut supposer que, dans l'état ordinaire, les eaux des mers n'y pénètrent pas ; mais de temps à autre il se fait des crevasses, par lesquelles les eaux peuvent se rendre dans le foyer de l'incendie ; ce qui produit pour lors commotion et explosion. Enfin si les eaux y arrivent en trop grand volume, certainement elles éteindront le feu.

Néanmoins l'air extérieur doit pénétrer assez souvent dans l'intérieur des volcans qui ne sont pas soumarins ; car ordinairement il y a plusieurs soupiraux dans les cratères des volcans, et un grand nombre de fumarolles. La fumée s'échappe par toutes ces issues : or on ne peut guère douter que, tandis que les vapeurs sortent par un de ces soupiraux, il ne s'y fasse une espèce de vide momentané, et que l'air extérieur ne se précipite aussi-tôt dans l'intérieur par un des autres soupiraux. Aussi dans tous les grands cratères des volcans en activité, observe-t-on, lorsqu'ils sont à-peu-près tranquilles, une intermittence continuelle dans l'émission des fumées et des vapeurs. La matière bouillonnante s'entr'ouvre comme une large fente ; les vapeurs et les fumées s'échappent ;

souvent il y a des cendres, des sables, des rapillo, ou même des pierres plus grosses, lancés.... La fente se referme; les mêmes effets recommencent un instant après, et se succèdent ainsi alternativement et sans interruption, jusqu'à ce qu'il arrive de grandes éruptions.... Ceci ne peut avoir lieu sans que l'air extérieur ne soit absorbé par différens soupiraux; ce qui doit établir des espèces de courans d'air dans l'intérieur des volcans.

On doit conclure de tous ces faits que, quoiqu'il ne soit pas impossible que quelquefois il n'y ait pas de vraie combustion dans l'intérieur des volcans, cependant elle a lieu ordinairement; les matières combustibles y sont vraiment enflammées.

Cependant il est certain que la combustion n'est pas totale; il se dégage toujours une portion de matière combustible intacte, comme le soufre qui coule auprès de Ténérife et ailleurs, le bitume qu'on a extrait des laves de Lipari.... L'inflammation n'est totale que lorsque l'explosion est très-violente: pour lors on voit la flamme sortir du volcan, et s'élever quelquefois à des hauteurs immenses.

Des communications des volcans.

§. 1039. Tous ces volcans, si nombreux à la surface du globe, ont-ils des communications entre eux?

Il paroît qu'il y a réellement communication entre plusieurs volcans. Le Vésuve et la Solfatare, par exemple, ont de si grands rapports dans leurs explosions, qu'il n'est pas douteux que leurs foyers se communiquent. Toutes les fois que les feux de l'un augmentent, les fumées de l'autre augmentent également.

Quelques volcans des îles Lipari paroissent être dans le même cas. On a même cru remarquer que leurs explosions ont quelque rapport avec celles de l'Etna : mais le fait n'est point encore assez constaté, pour qu'on puisse assurer que les volcans des îles Lipari communiquent avec celui de l'Etna.

Il paroît aussi qu'il y a des fentes qui communiquent de l'Etna jusques sous la Calabre, puisqu'on a tout lieu de croire que les causes des terribles événemens qui ont bouleversé ces contrées en 1783, résidoient dans ce volcan : c'est ce qu'on a conclu de la direction des secousses.

§. 1040. Mais peut-on dire qu'il y a des communications entre des volcans très-éloignés, par

exemple, entre ceux d'Italie et ceux d'Islande? Aucun fait ne paroît le prouver. Des explosions de ces volcans, arrivées dans des temps à-peu-près simultanés, ne sauroient être des preuves suffisantes; car si cette communication existoit, un volcan n'auroit pas une explosion qu'elle ne se fit ressentir dans l'autre volcan. Ainsi cette opinion doit être rangée parmi les hypothèses, jusqu'à ce qu'on apporte de nouveaux faits.

Le tremblement de terre qui arriva à Lisbonne le 1er novembre 1755, s'étendit à des distances immenses. Tout le Portugal fut ébranlé; plusieurs montagnes s'entr'ouvrirent, et causèrent des inondations.

Cadix, Gibraltar, Grenade, Séville, Madrid, la Corogne..... éprouvèrent des secousses plus ou moins violentes.

Différentes villes de la Barbarie furent aussi agitées; telles que Maroc, Méquinez, Tanger... La mer s'éleva beaucoup sur ces côtes.

La même chose eut lieu à Madère. La mer s'éleva considérablement, et se retira ensuite de manière à découvrir des rochers qu'on ignoroit.

Toute la Provence, et une partie de la France, furent agitées.

Milan et plusieurs villes d'Italie éprouvèrent des secousses le même jour.

Le lac de Genève et plusieurs lacs de la Suisse,

éprouvèrent des mouvemens considérables ; leurs eaux furent soulevées, agitées...

Plusieurs villes de la Bavière, de la Souabe, de la Franconie, de Hollande... furent agitées...

La secousse se ressentit le même jour sur les côtes d'Angleterre, de Norwège, de Suède, en Islande, et jusques dans le Groenland...

Les mêmes secousses se firent sentir dans les différentes parties de l'Europe, pendant plus de six mois (1).

Il paroît par tous ces faits, qu'il y eut le même jour un ébranlement dans toute l'Europe, une partie de l'Afrique et jusqu'à Madère. Mais ceci se borne à de simples secousses mécaniques, qui s'opèrent par le moyen de fentes prolongées à des distances considérables, même par-dessous les mers, et n'annonce aucune communication entre les différens foyers des volcans.

Des profondeurs des foyers des volçans.

§. 1041. A quelle profondeur sont situés les foyers des volcans ? Elle varie sans doute.

Tous les observateurs rapportent qu'on voit à une assez petite profondeur, dans les cratères des volcans en activité, les matières en fusion bouillonner : mais celles-ci ne sont que la surface

(1) Collection académ. tome VI.

du vaste creuset, si on peut se servir de ce terme, où sont contenues toutes ces substances.

Il est sûr que dans d'autres circonstances le foyer est plus profond. On a vu en 1631 le Vésuve absorber une partie des eaux de la mer de Naples, et les revomir toutes bouillantes. La même chose a eu lieu à la Jamaïque en 1692.

Les laves s'ouvrent des passages dans les flancs de la même montagne, à différentes hauteurs.

Enfin il y a des volcans soumarins à une grande profondeur. Car en 1720, lors de l'éruption qui fit sortir des eaux une île auprès de Tercère, un capitaine de vaisseau s'en approcha, et en jetant la sonde, il fila soixante brasses sans pouvoir trouver le fond: ce qui annonce que ce volcan soumarin étoit à une grande profondeur.

Pennant dit que le lieu de la mer d'où sortit une île en 1784, auprès de l'Islande, avoit 500 pieds de profondeur.

§. 1042. Ces foyers peuvent même être à différentes profondeurs dans le même volcan; et la raison s'en conçoit facilement. Si ce sont des mines de charbon qui entretiennent ces volcans, elles ont toujours plusieurs lits superposés les uns sur les autres. Le feu doit être dans ces couches; mais, par des circonstances locales, il peut être plus actif dans telle couche que dans telle autre. Par con-

séquent le foyer peut paroître tantôt plus élevé, tantôt plus profond : quelquefois même il y aura plusieurs de ces foyers en activité dans le même moment.

La même chose aura lieu pour les mines de soufre, de pyrites ou d'antracite, qu'on doit supposer un des principaux alimens des volcans : elles pourront être plus ou moins profondes, et avoir plusieurs lits superposés.

§. 1043. La profondeur des volcans soumarins doit varier également. La mer peut avoir plus ou moins de profondeur dans cet endroit ; et les foyers du volcan peuvent aussi être à différentes profondeurs dans les couches de terre où ils se trouvent, dans différens lits de charbon, de bois fossiles, de soufre, de pyrites... superposés les uns au-dessus des autres. Nous avons vu que *Franklin* est descendu à Whitheaven, dans des mines de charbon situées à huit cents brasses au-dessous du niveau de la mer ; et il assure qu'il y en a encore de plus profondes.

Il est donc par conséquent très-possible qu'il y ait des volcans, soit terrestres, soit soumarins, dont les foyers soient à huit cents brasses au-dessous du niveau de la mer.

Il me paroît assez vraisemblable que quelques-uns sont encore plus profonds. Celui qui en 1755

renversa Lisbonne, et produisit des commotions à des distances si éloignées, devoit avoir une grande profondeur. On ne sauroit douter qu'il y a des pyrites et des substances métalliques jusques dans le centre de la terre.

§. 1044. Mais pourroit-on supposer un foyer de volcan à une profondeur de deux cents, trois cents lieues, et même davantage? On supposeroit, par exemple, au centre de la terre, ou à peu de distance, une masse immense de pyrites en décomposition. (Nous avons vu que *Beccher* suppose au centre de la terre un amas de matières sulfureuses et bitumineuses.) Ces pyrites brûlent tranquillement; mais l'eau de la surface du globe, qui pénètre peu à peu dans son intérieur, tombe de temps à autre dans ces foyers, cause explosion, secousse, tremblement de terre... Les cratères des volcans sont formés des fentes par lesquelles l'eau s'enfouit.

Il y auroit, dans cette hypothèse, un foyer commun de tous les volcans; les violentes secousses ébranleroient une grande partie des continens, comme l'a fait celui de Lisbonne, et pourroient même ébranler tout le globe. Lorsque la secousse seroit moins forte, la commotion seroit seulement partielle, et ne se feroit ressentir que dans une portion plus ou moins étendue.

Enfin la plus grande partie des laves venant de ce centre commun, seroient à-peu-près homogènes, et se ressembleroient en général; elles ne différeroient que par les substances étrangères qui s'y seroient jointes.

Tel est à-peu-près le système de *Kesler*, auquel on peut donner plus ou moins d'étendue (1).

On peut, par exemple, supposer que la force des volcans ne s'étend qu'à deux ou trois cents lieues de profondeur, et par conséquent ne va pas jusqu'au centre de la terre. Dès-lors il n'y auroit pas un seul foyer commun de tous les volcans du globe; ainsi ceux d'Islande n'auroient pas un foyer commun avec ceux de l'Archipel indien.

Mais on pourroit supposer un foyer commun par exemple de tous les volcans qui sont sur les bords de la Méditerranée.... un foyer commun pour tous les volcans d'Islande, de Staffa, d'Écosse, d'Irlande... un autre pour ceux de l'Archipel indien, un autre pour ceux des Antilles....

§. 1045. Je répondrai que toutes ces hypothèses, qui ne sont appuyées sur aucun fait, ne sauroient être admises par un philosophe sage.

---

(1) *Kesler L.* Recherches sur l'origine de la surface actuelle de la terre, sur-tout des montagnes à Leipsick, 1787.

D'ailleurs cette hypothèse est même contraire aux probabilités ; car supposons le foyer d'un volcan, tel que le Vésuve, à deux cents lieues de profondeur : il ne seroit pas possible que, dans de grandes secousses, il ne tombât des portions de parois de cette longue cheminée. Dès-lors il s'ouvriroit de nouveaux cratères fort éloignés des premiers.

2°. Ces nouvelles cheminées ou cratères ne seroient pas toutes concentrées dans un petit espace, comme le sont les cratères du Vésuve, de l'Etna, et autres pics volcaniques ; elles occuperoient plusieurs lieues.

3°. Si ces foyers volcaniques avoient une si grande profondeur, et que les courans de laves issent de ces lieux embrâsés, quelle pression n'exerceroit pas une matière fluide qui auroit une base considérable, et une hauteur de deux à trois cents lieues ?

Quelle force pour soulever un pareil fluide, et le faire couler sous forme de lave !... Quelle commotion un pareil effort ne produiroit-il pas ?

Je ne pense donc pas que les faits que nous connoissons nous autorisent à supposer la profondeur des volcans à plus d'une lieue au-dessous du niveau des mers.

De la force d'explosion des volcans.

§. 1046. La force immense que déploient les feux souterrains dans leurs explosions, doit être attribuée à trois causes principales :

a A l'eau réduite en vapeurs ;

b A l'air dilaté par la chaleur ;

c Aux autres matières également réduites à l'état aériforme.

Nous allons parler de chacune en particulier.

§. 1047. 1°. *De l'action de l'eau.* De l'eau versée sur du verre incandescent, bouillonne et s'évapore sans explosion, comme on le sait. Les verriers répètent cette expérience par curiosité. Ils versent de l'eau sur leurs pots ou creusets contenant le verre dans la plus grande incandescence, et il n'y a point d'explosion.

Mais si le verre étoit versé sur de l'eau, ou sur une table humide, l'eau réduite en vapeurs lanceroit au loin la matière dont elle est couverte, et il y auroit une terrible explosion.

S'il arrive donc des courans d'eau dans le foyer d'un volcan en activité et sur la lave fondue, il n'y aura point d'explosion ; mais si elle arrive sous la lave, elle sera réduite en vapeurs, soulèvera cette lave avec impétuosité, et fera explosion.

§. 1048. Lorsque la montagne est ouverte, et qu'elle a un cratère, l'explosion est libre, et le volcan vomit d'abord différentes matières connues sous le nom de *cendres*, de *rapillo*, et enfin quelquefois de pierres assez grosses. *Eggert-Olafsen* rapporte que le volcan de Kattelegiaa en Islande, avoit lancé à la distance de quatre lieues une pierre pesant deux cent quatre-vingt-dix livres (1).

Si le feu a beaucoup d'activité, tout ce qui se trouve exposé à son action, est réduit en fusion plus ou moins parfaite; la force de l'explosion le pousse au-dehors sous forme de laves qui coulent comme des fleuves de matières enflammées.

Mais si le cratère ne correspond point au foyer actuellement en activité, ces vapeurs comprimées font des efforts prodigieux : elles produisent des bruits sourds, et assez forts pour qu'on les compare à des décharges d'artillerie du plus gros calibre. C'est sans doute en enfilant des fentes, des crevasses, ou faisant détacher de grosses pierres des voûtes supérieures... Le terrein est ébranlé; enfin la montagne se forme un nouveau cratère : la lave coule de cette nouvelle bouche, et l'explosion cesse parce que les vapeurs ont une issue libre.

§. 1049. Un grand nombre de faits prouvent

(1) *Troïl*, Histoire d'Islande.

que ce sont réellement les eaux qui contribuent le plus à ces terribles phénomènes.

La plupart des volcans sont auprès des mers; or, dans le temps de l'éruption, ils en absorbent souvent les eaux. Lors de l'éruption du Vésuve, en 1631, une partie des eaux de la mer de Naples fut absorbée, et ensuite elles furent rejetées bouillantes, avec des substances du fond de la mer.

Dans un tremblement de terre de la Jamaïque, en 1692, une partie des eaux de la mer fut absorbée et revomie toute bouillante.

Eggert-Olafsen rapporte qu'après les éruptions des volcans d'Islande, les eaux qu'ils avoient rejetées avoient laissé sur la terre des quantités considérables de sels : ce qui ne permet pas de douter que les eaux ne vinssent de la mer.

Dolomieu a trouvé beaucoup de natron dans les cavités d'une lave de l'Etna, proche Bronte.

La plupart des volcans éteints indiquent que, lors de leurs éruptions, ils étoient proche des mers.

La Limagne d'Auvergne, située au pied du Puy-de-Dôme, est remplie de galets qui sont de la nature de la pierre de Volvic, espèce de lave.

On retrouve, en un grand nombre d'endroits, des laves recouvertes par des couches calcaires coquillières. Il est vrai que ceci peut indiquer que ces volcans ont été soumarins.

Ce ne sont cependant pas les seules eaux des mers qui occasionnent des éruptions des volcans; les eaux qui sont à la surface de la terre, y concourent également.

« Le desséchement soudain des petits lacs d'eaux »douces, des ruisseaux et des rivières, est encore »un signe qui annonce une prochaine éruption », dit *Troïl* en parlant des volcans d'Islande.

On peut supposer avec fondement que ce furent les eaux du Tage qui, en 1755, tombèrent dans le foyer brûlant sous Lisbonne, et causèrent la terrible catastrophe de cette malheureuse cité.

Dans la plupart des éruptions des grands volcans, on voit le cours des rivières suspendu, elles se perdent un instant : c'est que leurs eaux tombent dans des fentes, des crevasses, vont se rendre dans le foyer de l'incendie, et contribuent à y produire ces terribles commotions.

La grande quantité de jets d'eaux bouillantes qu'on observe en Islande, prouve assez combien l'eau a de part à ces grands phénomènes.

Shaw rapporte que les tremblemens de terre, en Barbarie, n'arrivent ordinairement qu'un jour ou deux après les pluies.

§. 1050. 2°. *De l'action de l'air.* Mais l'eau n'est pas la seule cause de ces grands phénomènes;

l'air y influe également. Nous connoissons plusieurs volcans d'air : celui de Maccaluba, en Sicile, est une des plus célèbres ; nous en devons une connoissance exacte à *Dolomieu*. La base de la montagne paroît calcaire ; elle est recouverte d'une argile molle et toujours humectée : il s'en dégage sans cesse de l'air qui soulève cette argile, et y produit une espèce de bouillonnement semblable à celui de l'eau qui est sur le feu.

Mais ce dégagement d'air prend quelquefois le caractère d'un terrible volcan en activité. Le 30 septembre 1777, ce terrein fut violemment agité jusqu'à la distance de trois milles. On entendit des bruits semblables à celui du plus fort tonnerre ; il s'ouvrit un cratère de dix palmes de diamètre, qui lança jusqu'à la hauteur de quatre-vingts palmes une grande quantité de boue et d'eau. Cette éruption dura une demi-heure, et se répéta jusqu'à trois fois. Cette vase recouvrit le terrein à l'élévation de six palmes, et applanit les vallées voisines : elle avoit l'odeur du soufre.

La cause de ce phénomène est due, suivant *Dolomieu*, à l'action de l'acide sulfurique sur la pierre calcaire qui fait la base de cette montagne. Cet acide provient de l'argile, et dégage l'acide carbonique de cette pierre.

Mais l'odeur de soufre qu'a la vase, prouve

qu'il doit aussi s'y rencontrer des pyrites en efflorescence, qui contribuent à ces phénomènes.

§. 1051. Dans les volcans ordinaires, il y a également un dégagement considérable d'air; il est dû à plusieurs causes.

a Il s'en dégage toujours une grande quantité des pyrites en efflorescence. La majeure partie, à la vérité, est de l'air inflammable qui doit se consumer et brûler. Peut-être contribue-t-il à ces beaux jets de flamme qu'on apperçoit de temps à autre dans les éruptions volcaniques.

b Mais, indépendamment de cet air inflammable, il y a de l'acide carbonique, de l'air phlogistiqué, de l'air atmosphérique, et de l'air pur.

c Toutes les substances fondues, dont est composée la lave, donnent aussi beaucoup d'air. Nous en avons la preuve dans les laves poreuses et scoriformes. On sait qu'en fondant les schistes martiaux, les argiles ferrugineuses, les cornéennes.... on a une fritte ou verre poreux, dont il se dégage beaucoup d'air.

d Enfin, de l'eau elle-même réduite en ébullition et en vapeurs, donne de l'air.

Toutes ces causes fourniront donc une assez grande quantité d'air.

Cet air, en se dégageant, sera encore dilaté

par la chaleur : il causera une vive effervescence dans ces matières fondues et enflammées, il contribuera donc, avec les vapeurs de l'eau, à les soulever jusqu'au haut du cratère, comme nous voyons qu'il le fait dans du verre en fusion ; et pour lors les cendres, les sables, les pierres, seront projetées au loin ; la lave coulera....

Si on fait attention à la profondeur du foyer de plusieurs volcans, à la hauteur du pic où est situé le cratère, tel que celui du volcan de Ténérife, qui a près de deux mille toises.... on sentira qu'il ne faut pas moins qu'une force aussi immense que celle des vapeurs aqueuses, et de l'air dilaté, pour soulever des colonnes liquides de ces matières incandescentes à la hauteur de mille, deux mille, et peut-être de trois mille toises et plus.

§. 1052. 3°. *De l'action des autres substances réduites à l'état aériforme.*

Les substances qui composent la lave elle-même, peuvent également être réduites à l'état aériforme ; elles se gonflent, se boursoufflent, sans dégagement de fluides aériformes. *Spallanzani* a mis dans des cornues des laves, des verres volcaniques réduits en poudre, et y a appliqué l'appareil pneumato-chimique. La matière a fondu, s'est boursouflée sans dégagement de fluides aérifor-

mes, et il a obtenu une matière poreuse semblable à la lave scoriforme : d'où il conclut que c'est la matière de la lave elle-même qui a été réduite en vapeurs ou fluide aériforme.

§. 1053. On peut supposer en général que les feux soumarins exercent une action beaucoup plus puissante que les feux souterrains ; et on en apperçoit facilement la raison. L'explosion est toujours d'autant plus vive, que la résistance est plus considérable : c'est pourquoi nos volcans des continens causent de violentes commotions, jusqu'au moment où la lave s'est ouvert une issue. Or les volcans soumarins sont comprimés par une colonne d'eau plus ou moins considérable, à raison de leur profondeur : ils doivent donc, toutes choses égales d'ailleurs, produire des commotions plus violentes que ceux des continens.

Des tremblemens de terre.

§. 1054. On éprouve souvent des commotions souterraines plus ou moins violentes, sans appercevoir ni flammes, ni volcans. On appelle ces commotions plus particulièrement *tremblemens de terre.*

La cause de ces terribles phénomènes a toujours été l'objet des recherches des savans. Les Babyloniens l'attribuoient aux astres : *Babylo-*

niorum doctores existimant terræ motus hiatusque et cætera omnia vi siderum fieri, sed illorum trium (Saturni, Jovis et Martis) quibus fulmina assignant. (Plin. lib 2, cap. LXXIX.)

Plusieurs philosophes de la Grèce, entr'autres *Pithagore, Epicure, Aristote*, les attribuoient à des vents souterrains; et ils assignoient différentes causes à ces vents.

Thalès pensoit que les tremblemens de terre étoient produits par un mouvement des eaux; mais il ne dit pas comment ce mouvement s'opéroit. *Sénèque* et plusieurs autres ont soutenu ce sentiment.

Les philosophes modernes, depuis *Gassendi*, croient que la cause des tremblemens de terre est dans les feux souterrains, qui en dilatant l'air et l'eau, comme nous venons de le voir (§. 1049), produisent ces secousses terribles. Mais il y a deux opinions principales.

§. 1055. I. Les uns soutiennent que les tremblemens de terre sont dus à l'action des feux souterrains, et aux mêmes causes qui produisent les éruptions des volcans. Des eaux arrivent dans ces foyers souterrains actuellement embrasés; elles sont réduites en vapeurs; il s'en dégage beaucoup d'air: ces vapeurs et cet air s'échappent par les fentes souterraines, et causent des ébranlemens sur une

étendue de terreins plus ou moins grande : ceci est confirmé par des faits certains. Dans la plupart des violens tremblemens de terre, on voit des flammes sortir des lieux où on n'en soupçonnoit pas.

Lors du trop célèbre tremblement de terre, qui renversa Lisbonne le 1er novembre 1755, on vit sortir, du sein de la terre entr'ouverte, des flammes qui mirent le feu aux restes de cette malheureuse ville. On doit donc supposer qu'il existoit, sous ces murs ou aux environs, des matières enflammées qui brûloient tranquillement, mais que les eaux du Tage y étant parvenues par une cause quelconque, il se fit une explosion si violente, qu'elle renversa cette cité infortunée, et s'étendit bien loin.

On vit aussi sortir des flammes du sein de la terre, lors du tremblement de terre qui en 1783 renversa une partie de la Calabre et de la Sicile : les secousses furent terribles.

§. 1056. II. Les autres croient qu'une simple efflorescence des pyrites.... suffit, en faisant dégager beaucoup d'air et le dilatant par la chaleur. Ils disent que les tremblemens de terre ne sont pas toujours accompagnés d'éruptions de flamme. On a même prétendu que dans celui de la Calabre, en 1783, et celui de Lisbonne en 1755, les flammes qu'on observa ne venoient point de la terre,

mais furent une suite de l'incendie des maisons renversées, auxquelles le feu se mit par accident... C'est le sentiment de *Lémery* (§. 1020); c'est aussi celui de *Bertrand*, qui a dit : « Je ne saurois » donc admettre que tout tremblement de terre » suppose toujours et par-tout une *inflammation* » *intérieure :* une fermentation (c'est-à-dire effer- » vescence) peut suffire en bien des cas; et toutes » les explications en deviennent plus faciles ». (*Bertrand, des Tremblemens de terre, page 207.*)

Les secousses du plus grand nombre des tremblemens de terre sont foibles, et se font à peine sentir, et en peu d'endroits;

D'autres sont de la plus grande force, et s'étendent très-loin.

Les commotions ne durent ordinairement que quelques secondes.

§. 1057. Mais ce qu'il y a de plus surprenant, c'est qu'on éprouve très-souvent des tremblemens de terre, dans des lieux où on ne soupçonneroit pas qu'il y eût des feux souterrains. La Suisse, par exemple, est sujette à de fréquens tremblemens de terre, quoiqu'il n'y ait aucun vestige de feux souterrains dans ses environs : ces commotions s'étendent jusques aux plus hautes Alpes composées de terreins primitifs. On trouve dans *la Col-*

ection académique, part. étrang. tom. VI, n relevé de ces tremblemens arrivés en Suisse, esquels y ont été très-fréquens. *Bertrand* dit que e premier tremblement de terre arrivé en Suisse, lont l'histoire fasse mention, est celui rapporté par *Marius*, évêque d'Avranche, qui eut lieu l'an 563 de notre ère. Depuis cette époque, les auteurs sont pleins des événemens plus ou moins désastreux que ces commotions ont produits dans ces contrées. Nous allons en rapporter seulement quelques-uns des plus récens, qui eurent lieu en 1755.

« Le 9 décembre 1755, dit *Bertrand* (*ibid. »pag. 149*), environ les deux heures après-midi, »la terre fit un mugissement effrayant; il n'y eut »personne qui ne l'ouït dans le département de »Briguer et dans celui de Visp (du côté de Sion): »ce fut un heureux signal auquel chacun prit la »fuite. Bientôt on sentit des secousses redoublées, »mais foibles. A deux heures et un quart, nou»veau mugissement plus terrible encore, suivi de »secousses plus violentes aussi. A deux heures et »demie, le mugissement fut plus grand, et les se»cousses si terribles dans les vallées et les mon»tagnes, que tout le Valais sembloit devoir en »être renversé. *Goms, Visp, Rozagne, Leuch, »Sider, Sion*, tous ces lieux-là; les montagnes de »*Gemmi*, du *Saint-Bernard*, de la *Fourche*,

» tous ces quartiers du *haut Valais*, ont été se-» coués avec plus ou moins de violence. A *Mar-» tigni* et à *Saint-Maurice*, l'ébranlement n'a pas » été si grand ».

On voit qu'ici les plus hautes montagnes primitives, telles que le Saint-Bernard, la Fourche, le Gemmi... ont été ébranlées, comme les parties basses et secondaires situées à Martigni, à Saint-Maurice...

Ces mêmes commotions s'étendirent dans le Jura, dans le Comté, et jusques du côté de Dijon.

Les Pyrénées éprouvèrent des secousses fréquentes à la même époque. Le 27 décembre 1755, il y eut des tremblemens de terre en divers endroits du Roussillon, et aux environs du Canigou; la secousse se fit sentir sur les trois heures et demie du matin, et se renouvela six fois en deux heures.

Dans le carême de 1755 il y eut des secousses très-sensibles en Bretagne, aux environs de Tréguier.

Le 10 août 1759, dix heures quinze minutes du soir, il y eut un tremblement de terre à Bordeaux, précédé d'un bruit souterrain, qui dura deux ou trois secondes.

Les Pays-Bas ont aussi éprouvé des secousses fréquentes, qui se sont propagées quelquefois jusqu'à Mayence...

Les Pyrénées, la Gascogne, les environs de

Bordeaux... et toute cette partie de la France jusqu'en Bretagne, n'offrent aucune trace d'anciens feux souterrains.

On n'a jamais trouvé aucune indice de feu souterrain dans la Suisse, dans le Jura, dans le Dijonais, dans les Pays-Bas...

Il faut donc dire que l'intérieur de toutes ces contrées est rempli de fentes qui s'étendent jusqu'aux foyers de divers volcans; que l'eau (§. 1050) et l'air (§. 1055), dilatés par la chaleur, enfilent ces fentes, et produisent ces ébranlemens souterrains jusqu'à des distances immenses.

Du soulèvement des montagnes par l'explosion des volcans, et de leur affaissement.

§. 1058. Les volcans sont capables de produire des effets beaucoup plus considérables que ceux que nous venons d'exposer; ils soulèvent quelquefois des montagnes entières et des îles qu'ils vomissent du sein des mers. D'autres fois ils engloutissent des terreins assez étendus. Ces phénomènes sans être bien communs, ne sont cependant pas rares.

Pythagore rapporte qu'auprès de Thrésène il s'étoit élevé une montagne au milieu d'une plaine. (*Ovide, Métamorphoses, liv. XV.*)

Platon raconte que, dans la mer Egée, Rhodes,

Delos et onze autres îles sortirent du sein des mers.

Du temps de *Sénèque*, on vit, après un violent tremblement de terre, sortir des ondes l'île Thérasine, aujourd'hui Santorin.

Pline rapporte que, peu de temps après, il sortit une autre île auprès de Santorin.

Des éruptions postérieures ont encore accru Santorin.

En 1707, cette île fut ébranlée par de nouveaux tremblemens de terre, pendant l'espace de deux mois, et il parut de nouvelles terres à quelque distance.

Tercère et les Açores ont présenté souvent les mêmes phénomènes.

En 1720, il y eut de violens tremblemens de terre à Tercère. Pendant ce temps, on vit, à quelque distance, sortir du sein des eaux plusieurs rochers couverts de pierres-ponces, et il s'en élançoit des torrens de feu.

En 1721, les feux soumarins soulevèrent, auprès des Açores, une île d'où il sortoit des flammes.

En 1783, après le tremblement de terre arrivé en Calabre, l'Hécla fit aussi sentir de fortes secousses, et on vit sortir du milieu des eaux une nouvelle île sur les côtes d'Islande.

En 1782, il y eut, sur les côtes de Formose,

de violentes commotions soumarines. Les flots furent soulevés avec tant de violence, qu'ils traversèrent presque toute l'île.

En 1538, un tremblement de terre souleva une petite montagne près Pouzzol; on l'a appelée *Monte di Cinere*, montagne de cendres, parce qu'elle paroissoit composée de cendres volcaniques.

Une éruption antérieure avoit affaissé, dans les mêmes cantons, un terrein assez considérable, où s'étoit formé le lac Lucrin. L'éruption de 1538 combla en partie ce lac avec des cendres, des rapillo, des pierres....

En 1692, il y eut un violent tremblement de terre à la Jamaïque, dans la partie de Port-Royal. La ville fut en partie détruite et inondée par les eaux de la mer. « Du côté de North, plus »de mille acres de terre se sont enfoncées avec »tout ce qu'il y avoit d'effets. Il ne reste pas une »maison sur pied dans la presqu'île. Les deux »grandes montagnes qui étoient à l'entrée sont »tombées aussi dans un espace de seize milles qui »les séparoit; et s'étant comme jointes, elles ont »arrêté le cours de la rivière, qui est demeurée »à sec pendant un jour entier. Du côté de Yellows, »une autre montagne s'est fendue, et, tombant »sur les terres voisines, a couvert plusieurs éta»blissemens et détruit un grand nombre de colons.

» Le reste de l'île souffrit aussi beaucoup.

» Dans le quartier de Clarandon, il s'ouvrit de » abîmes et de vastes lacs à douze milles de la » mer : quoique la plupart se soient séchés et fer- » més, il en reste encore des traces.

» Une montagne, proche du Pont-Morant, fut » tout-à-fait engloutie, et la place qu'elle occu- » poit n'offre aujourd'hui qu'un grand lac large de » quatre à cinq lieues.

» On est persuadé, à la Jamaïque, que toutes » les montagnes de l'île sont un peu abaissées ». (*Hist. des Voyages, in-4°, tom. XV.*)

Nous avons vu qu'en 1693 l'île de Forca disparut, et fut engloutie après un violent tremblement de terre.

Il seroit inutile de rapporter un plus grand nombre de ces faits, qu'on retrouve dans tous les recueils d'observations.

§. 1059. Ces phénomènes sont produits par les mêmes causes dont nous avons déjà parlé; savoir, l'action de l'eau réduite en vapeurs, et celle de l'air qui se dégage et qui éprouve une dilatation excessive; leur force est assez considérable pour soulever des montagnes, des îles....

Mais en même temps les secousses sont si violentes, qu'elles font quelquefois affaisser des cavernes volcaniques et les terreins qui les recouvrent.

Les commotions peuvent même être assez fortes pour ébranler des continens entiers, ainsi que nous avons vu (§. 1041) que l'a fait le tremblement de terre de Lisbonne, du premier novembre 1755.

On conçoit facilement que des cavernes aussi immenses que celles que nous avons vu exister sous les montagnes volcaniques, doivent s'affaisser dans les grandes commotions souterraines; et si on peut être étonné de quelque chose dans ces sortes de phénomènes, c'est que ces affaissemens soient aussi rares.

Des pluies volcaniques.

§. 1060. Des pluies abondantes accompagnent très-souvent les éruptions des volcans. Il est peu d'éruptions du Vésuve où il n'y ait de ces pluies copieuses qui ont été nommées par les Italiens *nilo d'aqua*, comme si c'étoit le Nil qui sortît lui-même des entrailles des volcans. Nous avons vu que, dans l'éruption de 1631, il y eut une inondation prodigieuse.

«L'Etna vomit souvent des torrens d'eau; il en »sortit un *nilo d'aqua* en 1751. Les volcans »d'Amérique en ont souvent fourni des exemples. »Le Vésuve a fréquemment jeté des eaux; il en »sortit beaucoup de la bouche de Monte-Nuovo

» en 1538. Celles du Vésuve firent autant de dégât » en 1689 qu'en 1631 ». (*Ferber.*)

« Le volcan de l'île de Banda est un des plus » terribles de toutes les Indes, et dont les fréquen- » tes éruptions ont été marquées par des effets » surprenans, par des tremblemens de terre, par » des *inondations* qui sembloient devoir engloutir » la plupart des îles voisines ». (*Hist. des Voyag. tom. XVII, pag. 180.*)

Les éruptions de l'Hécla et des autres volcans d'Islande sont presque toujours accompagnées de pluies plus ou moins abondantes.

Cette quantité d'eaux versées par les volcans reconnoît plusieurs causes.

§. 1061. 1°. Il n'est pas douteux qu'elle ne vienne très-souvent du sein de la mer, dont les eaux ont pénétré dans le foyer de l'incendie, et en sont rejetées avec les autres substances que le volcan vomit; et ce qui le prouve de plus en *plus*, c'est que ces eaux rejetées sont souvent salées.

2°. Mais d'autres fois ces eaux viennent des fleuves, des ruisseaux, des fontaines, qui, s'étant fait jour au travers des terres, ont pénétré jusques dans l'intérieur du volcan. Nous avons vu que les éruptions des volcans sont très-souvent précédées de pluies abondantes, de la disparition des fleuves, des fontaines....

3°. Enfin, on a supposé une troisième cause qui peut fournir une partie de ces eaux. La combustion de l'air inflammable donne pour résidu une quantité d'eau à-peu-près égale au poids de cet air et de celui de l'air pur qui est nécessaire à cette inflammation. Or, on ne peut douter que, dans les explosions volcaniques, il n'y ait combustion d'une grande quantité d'air inflammable.

Des jets d'eaux bouillantes.

§. 1062. Il nous reste encore un phénomène à expliquer, ce sont les jets d'eaux bouillantes dont nous avons parlé.

L'Islande est remplie de ces jets qui élèvent à une plus ou moins grande hauteur des masses d'eaux très-considérables. Le plus grand de ces jets est celui de Geyser, qui élève une colonne d'eau de près de neuf pieds de diamètre à quatre-vingt-douze pieds, et quelquefois encore plus haut.

Le jet n'est pas continu; il se fait par intermittence, et n'est pas toujours à la même hauteur.

Il est constamment accompagné d'un bruit considérable, non-seulement près de la source, mais encore dans les montagnes voisines.

C'est après ces bruits souterrains, qu'on compare à de fortes décharges d'artillerie, et qui

souvent ébranlent la terre, que le jet s'élance avec force, et retombe un instant après.

On dit qu'il y a à Madagascar, au haut d'une montagne, un jet encore plus élevé, car on le voit à la distance de vingt lieues en mer.

Les phénomènes qui accompagnent les jets d'eaux bouillantes d'Islande en indiquent la cause. Ils sont toujours précédés par un bruit souterrain très-violent, et qui ébranle souvent la terre.

Ce bruit est occasionné par l'explosion de vapeurs ou d'airs qui se dégagent, enfilent des fentes souterraines avec une telle violence, qu'elles causent une commotion dans leurs parois, ce qui produit le bruit et la secousse.

Ces vapeurs arrivent sous un réservoir d'eau, dont elles refoulent les eaux avec violence.

Ces réservoirs sont vraisemblablement d'anciens cratères de volcans resserrés par le haut. Ces cratères font l'office du tuyau des jets d'eau ordinaires. L'eau est donc soulevée avec un grand effort.

Mais ces vapeurs se dissipant aussi-tôt dans la vague de l'atmosphère, ou se condensant par l'eau, le jet retombe subitement, et recommence bientôt, dès que la cause reparoît. C'est ce qui produit leur intermittence.

De l'électricité des volcans.

§. 1063. L'ÉRUPTION des volcans présente un fait bien digne d'être observé ; c'est la quantité d'électricité dont elle est accompagnée. *Hamilton* a décrit avec beaucoup d'exactitude des éclairs brillans qu'il distinguoit dans l'éruption du Vésuve en 1779, et qui étoient suivis de violens coups de tonnerre.

Troïl rapporte aussi que dans l'éruption du Kattlegiaa, en 1755, il partit du milieu des flammes un météore semblable à un éclair, qui perça d'outre en outre les roches qui se trouvoient sur son passage, tua onze chevaux, un paysan, une servante...

On a observé les mêmes phénomènes dans d'autres explosions.

La cause de cette électricité est sans doute due aux vapeurs qui s'élèvent. Il est bien prouvé que de l'eau en ébullition, sur-tout de l'eau jetée sur des matières ardentes, produit une forte électricité.

Il y a ici un foyer immense de matières enflammées, de laves en fusion, et une grande quantité d'eau. Un nuage épais enveloppe ordinairement le sommet du volcan : les vapeurs qui composent ce nuage doivent donc être surchargées d'élec-

tricité; d'où s'ensuivront des éclairs, des coups de tonnerre.... comme dans les orages ordinaires.

Cette électricité abondante ne peut donc être regardée comme la cause des commotions ni des secousses des volcans : elle en est elle-même un effet; mais elle produit ensuite ses effets ordinaires, des éclairs, des coups de tonnerre...

Quelques physiciens ont cru que le fluide électrique pouvoit concourir aux explosions des volcans... Mais ce sentiment ne paroît pas fondé.

§. 1064. Il est certain, comme nous l'avons dit (§. 681), que les différentes parties de la surface du globe n'ont pas toujours la même quantité d'électricité. Supposons, par exemple, un nuage électrisé positivement passer sur un pic élevé, il lui communique de son électricité : s'il y a un filon, par exemple, dans cette montagne, le fluide électrique s'y accumulera. Supposons que ce filon soit interrompu par une fente, lorsque l'électricité sera accumulée à un certain point, il pourra y avoir explosion, parce que ce fluide se communiquera à la partie du filon qui est au-delà de la fente.... Mais cette explosion n'auroit aucun rapport avec celles des volcans, comme le prouvent assez tous les phénomènes volcaniques que nous avons exposés jusqu'à présent.

Des époques des volcans.

§. 1065. Différens auteurs ont cherché à fixer les époques des éruptions des volcans éteints, et même de ceux qui sont en activité...

Desmarets a fixé trois époques différentes dans les volcans éteints du Vivarais et du Velai.

1°. Les plus récens sont ceux dont le cratère est encore bien conservé, et dont la lave a coulé dans des vallées déjà existantes; tels sont le Puy-de-Dôme, et deux autres volcans au-dessous de celui-ci, qui ont fourni les laves de Volvic.

2°. La seconde époque qu'il assigne, est celle des volcans dont les laves ont coulé sur des terreins à-peu-près unis, et qui ensuite ont été excavés par des courans qui y ont formé des vallées: ces volcans ont dû être le plus souvent soumarins.

3°. La troisième époque est celle des volcans les plus anciens. Les cratères et les laves en sont recouverts par de nouvelles couches calcaires, qui ont été par conséquent déposées par les eaux des mers ou des lacs, depuis les éruptions de ces volcans.

Il faut supposer que la plus grande partie de ces derniers volcans ont été des volcans soumarins: leurs éruptions se sont faites au milieu des flots, et leurs laves ont couvert les bassins des mers.

De nouvelles couches calcaires se sont déposées sur ces laves.

Peut-être de secondes éruptions volcaniques ont-elles encore eu lieu ; et il se sera formé de cette manière plusieurs couches alternatives de matières volcaniques et de substances calcaires.

Le mont Bolca, auprès de Véronne, est composé de couches alternatives de pierres calcaires, de marne schisteuse, dans laquelle se trouve cette quantité étonnante de poissons et animaux fossiles, et de couches de matière volcanique : son sommet est composé de laves prismatiques. Toutes ces couches ont été produites alternativement dans le sein des eaux.

§. 1066. Il seroit possible que des volcans des continens eussent projeté des fleuves de laves, qui s'étant rendus directement dans la mer, auroient ensuite été recouverts par des dépôts calcaires. Il est un grand nombre de courans de laves de l'Etna qui se sont ainsi rendus dans la mer : ils ont pu être recouverts par de nouveaux dépôts.

Ces époques ont donc toujours quelque chose de vague et d'incertain, parce qu'on ignore si tels volcans ont été soumarins, ou ont appartenu à des continens.

§. 1067. On a cherché à fixer la date où les volcans ont pu être en activité ; mais on n'a que des

analogies très-foibles. Le chanoine *Recupero* est parti de la décomposition de certains courans de lave dont la date est certaine; il a pris la lave d'une éruption connue; il a observé que cette lave étoit altérée de tant de pouces; d'où il a calculé qu'il faudroit tel nombre d'années pour décomposer toute cette lave.

Il a ensuite fait l'application de ce principe aux laves les plus anciennes; et il a trouvé qu'il faudroit environ quatorze mille ans pour cette décomposition : mais ces apperçus sont assez inexacts.

§. 1068. *a* Des causes accidentelles peuvent avoir accéléré ou retardé cette décomposition de la lave. Celle qui est exposée à une forte vapeur d'acide sulfureux, sera bien plutôt décomposée que celle qui n'y sera pas exposée.

b Ces laves ne sont pas toutes également dures, également compactes.

c Enfin souvent des éruptions postérieures couvrent de cendres des courans antérieurs : ces cendres s'altèrent, se décomposent assez promptement; et on pourra attribuer cette décomposition à celle de la lave elle-même.

Les traditions confirment ce que nous disons; car les époques de la première éruption de l'Etna connue, ne paroissent pas remonter au-delà de 3300 ans.

DE LA PARTIE COLORANTE DES TERRES ET DES PIERRES.

§. 1069. Toutes les terres dans leur état de pureté sont blanches et sans couleur; cependant nous les trouvons rarement sous cette forme. Il y a néanmoins de l'argile assez blanche, de la magnésie, et de la craie d'une grande blancheur; mais on n'a pas encore rencontré la terre barytique ou pesante sous forme terreuse, non plus que la terre quartzeuse, au moins en grandes masses.

Lorsqu'on traite ces mêmes terres par l'art, on les obtient toujours sans couleur.

Du spath calcaire pur, du marbre blanc... calcinés, donnent des chaux d'une grande blancheur.

Les mêmes spaths et marbres blancs dissous dans les acides purs, et précipités par des alkalis purs, donnent une chaux très-blanche.

La magnésie calcinée, ou précipitée des sels d'Epsom, c'est-à-dire des sulfates de magnésie, est d'une blancheur nacrée.

La terre pesante dissoute dans les acides, et précipitée par des alkalis purs, est très-blanche.

L'argile précipitée de l'alun est également d'un beau blanc.

La terre quartzeuse préparée par l'art est également blanche.

On peut donc assurer que toutes les terres dans leur état de pureté sont d'une grande blancheur.

Cependant toutes ces terres dans la nature, soit sous forme terreuse, soit à l'état de pierres, sont ordinairement colorées. Il s'agit de savoir quelles sont les substances qui leur donnent ces couleurs.

§. 1070. DANS les couches secondaires, les terres et les pierres peuvent être colorées par les débris des plantes, des coquilles, et autres substances animales et végétales, qui sont réduites à un état terreux ou bitumineux. Et dans ce cas, lorsqu'on les expose à une grande chaleur, ces matières végétales ou animales sont consumées, et la substance terreuse ou pierreuse demeure à-peu-près blanche. Je dis à-peu-près, car souvent elle conserve un coup-d'œil gris, à cause des matières charbonneuses qui sont demeurées.

Le soufre peut encore être combiné avec ces terres sous forme de sulfures, et les colorer; mais il est facile de le découvrir.

Il en seroit de même du phosphore.

Le carbone, ou plombagine, peut également se trouver mêlé avec les terres; mais il est ordinairement mélangé avec les substances métalliques, particulièrement avec le fer.

§. 1071. Les autres couleurs des terres et des pierres sont dues aux substances métalliques : or ces substances peuvent s'y trouver sous deux formes; ou à l'état de métal, et pour lors elles ne se mélangent point; ou sous forme d'oxides : c'est ordinairement à cet état qu'elles colorent les pierres et les terres.

Chaque oxide métallique peut produire un grand nombre de couleurs différentes, suivant leurs divers degrés de calcination. Les oxides de mercure, de plomb, de fer... peuvent être gris, blancs, jaunes, rouges..... Nous renvoyons nos lecteurs à tous les ouvrages de chimie, et aux opérations des émailleurs, des potiers....

Il n'y a peut-être pas d'oxide métallique qui ne puisse se trouver mélangé avec des terres ou des pierres. On voit effectivement, dans les montagnes qui contiennent des mines, que presque toutes les terres et pierres y sont colorées par ces substances. Les spaths pesans des mines de mercure d'Idria y sont colorés en rouge par les mines de ce métal. Les zéolites bleues de Hongrie, les vertes du Palatinat... sont colorées par des oxides de cuivre.

La chrysoprase est colorée en vert par le nickel et le fer...

La manganèse colore toutes les pierres où elle se trouve. On la rencontre dans un grand nombre

de pierres à chaux, suivant *Bergman*. La plupart des fers spathiques contiennent de la manganèse : on reconnoît les pierres où elle se trouve, par leur qualité de brunir lorsqu'elles sont exposées à l'air.

Dans les mines de plomb et d'étain, les gangues y sont colorées par les oxides de ces métaux.

Les oxides de cobolt colorent leurs gangues en rose et en noir ;

Les oxides de bismuth colorent en jaune.

Ceux d'antimoine en brun rougeâtre.

Ceux de cuivre en vert, en blanc, en brun...

Tous ces différens oxides métalliques ne sont mélangés avec les terres et les pierres qu'assez rarement, et dans des cas particuliers : mais la chose est bien différente relativement aux oxides de fer.

Il est peu de terres, peu de pierres, où ils ne se trouvent, et qu'ils ne colorent ; ils peuvent produire toutes les couleurs. Aussi les chimistes, dans leurs analyses, ont retiré l'oxide de fer de presque toutes les substances terreuses et pierreuses, quelques couleurs qu'elles aient.

§. 1072. J'AI recherché sous quelle forme le fer pouvoit se trouver dans ces différentes terres et pierres. Voici un précis des expériences que j'ai faites ou répétées.

1°. Cent grains de limaille d'acier ou de fer, exposés au feu dans un creuset, se calcinent, deviennent noirs, et après l'opération, leur poids est de cent trente-cinq grains. Cet oxide noir est attirable au barreau aimanté.

2°. De l'oxide jaune ou rouge de fer, exposé au feu, devient d'un brun noir, et attirable en partie à l'aimant : je dis en partie, car il est quelques portions qui ne le sont pas; sans doute qu'elles n'ont pas été assez chauffées.

3°. De la limaille de fer mise dans l'eau commune (laquelle contient toujours de l'air), est changée

a En oxide noir attirable en partie à l'aimant; et il s'en dégage de l'air inflammable.

b Cependant il est quelques portions qui ne sont pas attirables.

Du fer dissous dans un acide quelconque, et précipité ensuite par différentes substances, présente des phénomènes qu'il faut rappeler ici.

4°. Lorsque la précipitation s'opère avec de la chaux vive très-pure, on a un précipité vert noirâtre, dont une partie

a Est attirable par le barreau aimanté,

b Et l'autre ne l'est pas.

Si la chaux n'est pas très-caustique, le précipité est d'un vert plus clair, et n'est pas attirable.

5°. L'alkali ammoniacal caustique, employé au

lieu de chaux, donne un précipité semblable, dont une partie est attirable, et l'autre ne l'est pas.

6°. Si la précipitation se fait par cet alkali ammoniacal, qui ne soit pas caustique, ou par les alkalis fixes, on a un précipité d'un vert plus ou moins foncé, et qui n'est pas attirable.

7°. On a encore le même précipité verdâtre non attirable, si on emploie la craie ou la chaux, qui a perdu sa causticité.

8°. De la magnésie caustique agitée dans l'eau, pour la tenir suspendue, précipite la dissolution de fer : ce précipité est verdâtre, et non attirable.

9°. Ce précipité par la magnésie donne quelquefois du bleu avant que de passer au vert.

10°. L'alkali prussique (dit phlogistiqué) versé dans la dissolution, donne

a Un précipité bleu très-abondant,

b Un précipité jaune peu abondant,

c Un précipité vert peu abondant.

Ce précipité vert résulte du mélange du précipité bleu et du précipité jaune.

Mais lorsque l'alkali est bien préparé, c'est le précipité bleu qui domine, et on a un beau bleu de Prusse.

11°. Si on remplit un flacon de cette dissolution contenant le précipité ferrugineux vert, et qu'on

le tienne bien bouché, la couleur du précipité ne change point.

12°. Mais si on laisse le flacon débouché, ou qu'on verse la liqueur dans un vase dont la surface soit large, elle absorbera de l'air. La liqueur verte disparoîtra peu à peu à la surface, et se changera en un jaune plus ou moins foncé, plus ou moins rouge; et au bout d'un certain temps le précipité entier prendra la même couleur.

13°. La dissolution de fer peut encore être précipitée par une dissolution de substances végétales astringentes. Ce précipité paroît noir : il n'est pas attirable.

14°. Cette couleur noire disparoît par le moyen des acides.

15°. On peut encore avoir une dissolution d'un fer pur, qui soit limpide et transparente.

Du fer mis dans un acide sulfurique très-affoibli, donne une dissolution claire, non colorée; et le fer se précipite de lui-même en précipité blanc.

16°. Il faut observer que dans la plupart des dissolutions de fer par les acides, il reste une partie noirâtre, qui ne se dissout point, et qui est attirable à l'aimant.

17°. L'analyse a fait voir que la plupart des pierres des terreins primitifs contiennent la terre calcaire. On la trouve dans plusieurs pierres quart-

zeuses, dans des gemmes, dans des schorls, dans des pierres magnésiennes, et dans quelques pierres argileuses.

On avoit cru jusqu'ici qu'elle y étoit ordinairement à l'état caustique; mais elle y est souvent combinée avec l'acide carbonique.

18°. La magnésie se trouve également dans un grand nombre de pierres, principalement dans les pierres magnésiennes, comme nous l'avons vu. On avoit également cru qu'elle y étoit à l'état de causticité : mais on doit conjecturer qu'elle y est le plus souvent comme la terre calcaire combinée avec l'acide carbonique.

19°. La terre pesante se présente rarement dans les autres pierres.

§. 1073. Tous ces faits étant bien constatés, on peut en tirer des explications satisfaisantes des couleurs que donne le fer aux différentes espèces de terres et de pierres.

Le fer à l'état d'oxide noir attirable forme les cristaux de fer octaèdres, et se trouve dans toutes les pierres noirâtres qui font varier l'aiguille aimantée; telles que quelques espèces de trapps, de cornéennes, de hornblendes, de schistes...

Il paroît que dans ces substances le fer a été réduit à l'état d'oxide noir par l'action de l'eau.

Quant aux basaltes et autres pierres volcani-

ques, qui font mouvoir l'aiguille aimantée, il se peut que le fer s'y trouve au même état d'oxide noir; mais il est encore plus vraisemblable que ces pierres avant l'action du feu contenoient des oxides de fer non attirables; tels que ceux qui sont dans les schistes ordinaires, et que la chaleur a rendus sensibles à l'action du barreau aimanté, comme nous l'avons vu (§. 1072, n°. 1).

Les pierres colorées en noir, telles que les tourmalines, les micas noirs, les hornblendes noires... qui n'agissent pas sur l'aiguille aimantée, sont colorées par des oxides de fer non attirables, ou bien par du carbone.

Dans les pierres colorées en vert par le fer, telles que les serpentins ou porphyres verts, les serpentines, les marbres verts appelés *vert antique*... le fer y aura été précipité sous cette couleur, par les terres calcaires ou magnésiennes qu'elles contiennent.

Plusieurs de ces pierres font mouvoir le barreau aimanté, ou parce que la terre calcaire, en la supposant caustique, aura précipité une portion de fer à l'état noirâtre et attirable (n°. 4),

Ou parce que dans la dissolution il se sera trouvé des résidus de fer noirâtre attirables. (n°. 16).

Dans les pierres où la terre calcaire n'aura pas eu assez de causticité, le précipité ferrugineux ne sera nullement attirable; la couleur verte sera plus

claire, et elles ne feront pas mouvoir le barreau aimanté (n°. 7).

Si cette partie verte ferrugineuse, avant de se combiner pour former la pierre, a eu le temps d'attirer une plus ou moins grande quantité d'air, elle changera de couleur, et deviendra jaunâtre, rougeâtre, brune... et donnera toutes ces variétés de couleur, qu'on observera dans les serpentines, dans plusieurs marbres....

Cette absorption d'air et ce changement de couleur n'ont pas eu lieu pour les substances qui ont composé le porphyre vert, ou serpentin. Le fer y a conservé constamment sa couleur verte, et ne passe jamais aux couleurs jaune, fauve, brune... qu'on observe dans les serpentines; ce qui indique que la cristallisation de ces serpentins s'est faite à une assez grande profondeur dans les eaux, pour que l'air n'ait pu en être absorbé.

Un grand nombre d'autres substances pierreuses sont également colorées en vert, en jaune, en rouge... par le fer : il y a des jades verts, des feldspaths verts, bleus..... tels que ceux du Labrador.

Le lazulite ou lapis-lazuli, est également coloré en bleu par le fer. On peut supposer que c'est la magnésie caustique qui l'a précipité en bleu (n°.9): sans doute il n'y a pas eu de précipité jaune, pour faire passer ce précipité bleu au précipité vert.

La couleur violette est encore due au fer modifié par la manganèse. On sait que c'est le propre de la manganèse de donner la couleur violette : aussi l'yanolite, ou schorl violet, contient, suivant *Klaproth*, fer 0,09, manganèse 0,01.

Il y a des saphirs, des quartz, des fluors... violets, qui doivent leurs couleurs également aux oxides de fer mélangés avec ceux de manganèse.

Enfin les pierres précieuses elles-mêmes doivent leurs belles couleurs aux différens oxides de fer : car l'analyse a fait voir qu'elles en contiennent toutes une plus ou moins grande quantité.

La topaze jaune du Brésil prouve même d'une manière bien évidente qu'elle est colorée par l'oxide jaune de fer ; car en la faisant chauffer, sa couleur jaune devient rouge, comme l'ocre jaune se change en rouge lorsqu'elle est exposée à la chaleur.

Le grenat coloré exposé au feu, fond, et donne un verre noirâtre, qui annonce bien la présence du fer.

Le fer peut encore se trouver sous forme d'oxide blanc dans des pierres sans leur donner de couleur (n°. 15) : il y a des fers spathiques absolument blancs, et même quelquefois transparens ; mais aussi-tôt qu'on les chauffe, ils brunissent, et deviennent sensibles à l'aimant.

§. 1074. Il se présente cependant ici quelques difficultés qu'il faut chercher à éclaircir.

On demande comment ont été formés les oxides noirs de fer, qui ne sont pas attirables, puisqu'il n'y avoit point pour lors de substances astringentes.

Je réponds que dans les terreins secondaires, les oxides noirs ont pu être précipités par les substances astringentes, puisqu'il existoit alors des végétaux : par exemple, la couleur noire des argilites pourroit être due à cette cause. Nous voyons les dépôts de certains marais être très-noirs : ce sont ceux où il tombe beaucoup de plantes astringentes, telles que le chêne, l'aune.....

Mais quant aux substances des terreins primitifs colorées en noir, telles que le mica noir des granits, leurs tourmalines, leurs hornblendes... le fer y aura été réduit en oxide noir, par l'eau (n°. 36) ou par la terre calcaire caustique (n°. 46), en supposant qu'elle s'y trouve à cet état.

§. 1075. On demande encore qu'est-ce qui aura formé les oxides bleus de fer, qui se trouvent dans le saphir, le lazulite... car il n'y a point d'alkali prussique (ou phlogistiqué) dans les cristallisations primitives.

Je réponds que nous avons vu que les oxides

de fer sont quelquefois précipités en bleu par des terres caustiques.

§. 1076. On demande en troisième lieu pourquoi plusieurs pierres colorées par des oxides de fer, et exposées au feu, ne deviennent pas noires, tandis que d'autres, telles que des basaltes, deviennent noires et attirables.

Sans doute la chimie parviendra à éclaircir toutes ces difficultés : mais en attendant nous pouvons regarder comme certain que le lazulite est coloré par le fer ; et cependant exposé au feu du chalumeau, il donne un verre blanc...

Le saphir se décolore également au feu.

Certaines hyacinthes colorées blanchissent lorsqu'on les expose au feu avec quelques précautions. Les joailliers en blanchissent souvent de cette manière ; et cependant il n'est pas douteux que l'hyacinthe ne soit colorée par des oxides de fer.

La même chose a lieu même avec des oxides de cobolt. En tenant long-temps exposées au feu du chalumeau des substances colorées en bleu par le cobolt, la couleur bleue disparoît, et on a un verre incolore.

Parmi les tourmalines noires et brunes, il en est qui, chauffées au chalumeau, donnent un verre noir, et d'autres un verre blanc opaque.

On ignore encore d'où procède cette différence.

Les volcanites (schorls noirs des volcans) sont colorés par le fer, quoiqu'ils ne soient pas attirables. Cependant, exposés aux vapeurs acides des volcans, soit de l'acide sulfureux, soit de l'acide marin, ils blanchissent, ou plutôt ils jaunissent. J'en ai qui viennent du Vésuve, et qui sont d'un jaune pâle : chauffés au chalumeau, ils donnent un verre incolore.

§. 1077. Il est donc certain que les oxides noirs de fer, les oxides bleus de cobolt.... peuvent quelquefois se décolorer par la chaleur, d'autres fois par les acides; et que ces oxides de fer, ainsi décolorés par les acides, ne deviennent pas noirs au feu.

Peut-être la plus grande partie des oxides métalliques se décolorent-ils par une calcination très-forte. On sait qu'une portion de manganèse, mise parmi les matières qui forment le verre, le rendent plus incolore : c'est, sans doute, par la grande quantité d'air pur qu'il contient, lequel calcine complètement tous les oxides métalliques qui y sont contenus.

§. 1078. Les cristaux de quartz, qui sont noirs, ou d'un brun noirâtre, présentent une autre difficulté. Exposés à une légère chaleur, ils s'éclair-

cissent peu à peu et deviennent d'une belle transparence. Quel est donc ce principe si fugace et si volatile, qu'une très-légère chaleur le fait dissiper ?

Ce ne peut pas être une partie grasse, ni huileuse, puisqu'il n'existoit rien de semblable dans les cristallisations primitives.

Seroit-ce du carbone ou de la plombagine ?

Seroit-ce de l'oxide de fer ? Nous venons de voir que l'hyacinthe, le saphir, quelques tourmalines.... se décolorent au feu ; mais il faut un degré de chaleur plus considérable que pour décolorer ce quartz.

Peut-être le fer est-il moins adhérent à ces quartz.

Peut-être cette couleur est-elle due à quelque autre principe, qui nous est encore inconnu.

§. 1079. Quant aux couleurs brillantes qu'offrent dans leur intérieur plusieurs pierres transparentes, elles sont dues à des réfractions produites par des fentes qui se trouvent entre leurs lames.

Les quartz fendillés présentent très-souvent ces phénomènes.

Les gypses, les spaths calcaires, en un mot, tous les cristaux spathiques, offrent ces accidens lorsqu'ils sont fendillés.

Mais aucune pierre n'offre un jeu plus beau dans les couleurs que l'opale.

La cause de ces couleurs est connue des physiciens. Ces petites fentes ont différentes largeurs; les lames d'air qui les remplissent font l'effet d'un prisme, et décomposent les rayons de lumière, comme l'a fait voir *Newton*.

DE LA SURFACE DE LA TERRE.

§. 1080. CETTE surface est composée de continens et de mers. Mais les eaux ont beaucoup plus d'étendue que les terres, particulièrement dans l'hémisphère austral. On a calculé qu'elles occupoient plus de la moitié de la surface du globe, et que, par conséquent, la portion continentale, habitée par l'homme et les animaux terrestres, n'en faisoient guère que le tiers; car ils ne peuvent séjourner dans toute l'étendue de cette partie, qui leur est abandonnée. Plusieurs contrées sont inhabitables à cause de la rigueur des climats: tels sont les sables brûlans de l'Afrique, les régions polaires, et les hautes montagnes couvertes de neiges et de glaces qui ne fondent pas depuis plusieurs siècles.

Cette partie découverte de la terre a été divisée en continens et en îles.

§. 1081. LES îles sont de petites portions de

terreins enveloppées de tous côtés par les eaux. Les continens sont, au contraire, beaucoup plus étendus ; mais à la rigueur on pourroit les prendre également pour de grandes îles, puisqu'ils sont enveloppés de toutes parts par l'Océan.

L'Afrique doit être regardée comme une presqu'île considérable, et qui ne tient à l'Asie que par l'isthme de Suez ; elle a même été vraisemblablement une île véritable, lorsque la mer Rouge a communiqué avec la Méditerranée.

L'Amérique paroît être vraiment une île, qui est entièrement séparée de l'Asie par le détroit du Nord ; elle peut même former deux îles, s'il y a un passage de la baie de Baffins, par le canal de Fuentes, dans la mer du Sud.

L'Europe ne tient à l'Asie que par le terrein qui sépare la mer Noire de la mer Blanche, ou de la mer Baltique. Mais si la mer Caspienne a communiqué autrefois avec la mer du Nord, ou avec la mer Baltique, comme le rapportent les anciens historiens, toute l'Europe, et cette portion de l'Asie, qui eût été comprise dans ces bras de mer, n'auroient formé qu'une île étendue.

Toutes les terres australes forment des îles plus ou moins considérales.

§. 1082. Les continens sont traversés par différentes éminences qui s'élèvent à des hauteurs

plus ou moins grandes, et la coupent en différens sens.

Ces chaînes se propagent dans le sein des eaux, où on en suit différens rameaux (*planche IV*), ainsi que *Buache* l'a fait voir dans ses cartes.

Les îles peuvent être regardées comme le sommet de ces montagnes soumarines; car, en approchant de ces îles, on retrouve les chaînes auxquelles elles tiennent.

On avoit cru que les montagnes se propageoient toutes dans une seule direction, et que leurs chaînes s'étendoient de l'orient à l'occident. Mais cela n'est point exact, et pour le prouver, je vais donner un apperçu général des principales chaînes qui traversent la surface du globe (*planche IV*).

Elles partent ordinairement du centre des continens, et affectent les figures qu'ont ces continens eux-mêmes, qui n'en doivent être regardés que comme des prolongemens.

§. 1083. Dans l'Amérique septentrionale, les montagnes dites de l'Ouest sont les centres de celles de ces contrées. C'est de leurs flancs que sortent le fleuve Saint-Laurent et le Mississipi, les deux plus grands fleuves de cette partie du monde, et quelques autres moins considérables qui se jettent dans la mer Pacifique à l'ouest, et dans la baie d'Hudson au nord.

Les monts Apalaches sont un des rameaux de cette chaîne, et fournissent toutes les grandes rivières qui arrosent les États-Unis, telles que la Delaware, la Chesapéak. . . .

La grande chaîne s'étend à l'ouest du nouveau Mexique et du Mexique, traverse la Nouvelle-Espagne, et par le détroit de Panama elle va communiquer aux grandes chaînes du Pérou.

Cette chaîne fournit plusieurs grands fleuves qui vont se rendre dans le golfe du Mexique. Les plus considérables sont :

La rivière aux Canes ;
Rio-Bravo ;
Rio de Palma.

Elle donne au sud quelques petites rivières qui se jettent dans la mer Merveille et dans la mer Pacifique.

§. 1084. Les montagnes de Cusco, de Quito, et des environs, sont le centre de celles de l'Amérique méridionale. Elles fournissent l'Amazone, le plus grand fleuve de la terre, lequel sort du lac Lauricocha ; l'Orénoque, Rio-Grande, et plusieurs autres fleuves considérables.

Cette même chaîne s'étend jusqu'au détroit de Magellan, et fournit la rivière de Saint-François, la Plata, et plusieurs autres.

Toutes ces masses énormes de montagnes, qui

traversent l'Amérique du nord au sud, et versent de si grands fleuves dans l'Océan atlantique, ne donnent que quelques filets d'eau dans la mer du Sud.

§. 1085. Les montagnes de l'Abyssinie sont le point central de celles d'Afrique, et s'étendent du nord au sud, depuis la Méditerranée jusqu'au cap de Bonne-Espérance. Elles fournissent les seules rivières de ce continent qu'on puisse appeler fleuves.

1°. Le Nil, qui sort du lac Gambea, et va au nord se jeter dans la Méditerranée.

2°. Le Niger, qui sort du lac Bournou, mais dont la rivière Gombarou, qui se jette dans ce lac, doit être regardée comme la source. Elle sort des montagnes de l'Abyssinie.

3°. La Gambie.

4°. Le Zaïre, ou Cacongo.

5°. La Coanza.

6°. Le Cumeni, ou Bravaghul.

Tous ces fleuves versent leurs eaux dans l'Océan atlantique.

7°. La Couama, ou Zambeze, dont quelques branches viennent du grand lac Maravi.

8°. La Zébée.

9°. La Haouache.

Ces rivières et plusieurs autres moins considé-

rables se jettent, à l'Orient, dans la mer des Indes.

§. 1086. Le mont Atlas est un autre rameau de ces montagnes, qui fournit aussi différentes rivières sur la côte de Barbarie et dans le royaume de Maroc. Quelques-unes, telles que celles de Tafilet, de Gis, de Ghir.... se perdent dans des lacs particuliers.

§. 1087. L'Asie a une chaîne principale de montagnes, qui la divisent en septentrionale et méridionale. Elles s'étendent depuis le mont Taurus, sur les bords de la Méditerranée, jusqu'au nord de la Chine, à l'Océan oriental, sur les confins de la Corée. On y peut distinguer trois points principaux.

§. 1088. La grande chaîne du Taurus, du côté d'Erzeron et l'Arménie, qui fournit au midi,

L'Euphrate,

Le Tigre,

Quelques petites rivières au nord, dans la mer Noire et la Caspienne,

Le Kur,

Et l'Aras, qui se jettent dans la Caspienne.

§. 1089. Les monts Immaüs et les montagnes

du Tibet, dont le centre paroît être du côté de la grande Bukarie, fournissent au midi,

L'Indus,

Le Gange, qui se versent dans l'Océan indien;

Le Gihon,

Le Sihon, ou Sydéroxas, qui se jettent dans l'Aral.

Ces chaînes s'étendent d'un côté au nord, et vont former les monts Ourals. Les fleuves qui sortent de ces nouvelles chaînes sont,

Le Jaïk, ou Oural,

La Kama.

Et d'un autre côté elles s'étendent au midi jusqu'au cap Comorin, et vont former les Gates, d'où sortent les fleuves qui arrosent les côtes de Malabar et de Coromandel.

§. 1090. Mais le centre principal des montagnes de l'Asie est dans les monts Altaï, les montagnes Sayanes, et les montagnes Boghdo (ou Souveraines), au sud du lac Baïkal. Elles donnent naissance à une grande quantité de fleuves considérables:

Au midi.

L'Araçan,

Le Menankiou,

Le Pegou,

Le Menan,

Le Mecon,
Le Kiang,
Le Hoan.

A l'orient.

L'Amour.

Au nord.

La Léna,
Le Yenisey,
L'Ob,

Et un très-grand nombre d'autres rivières plus petites, qui se rendent dans celles-ci, ou qui vont directement dans les mers.

Quelques autres se perdent dans des lacs.

§. 1091. La partie septentrionale des monts Ourals donne, comme nous l'avons vu, le Jaïk et la Kama.

§. 1092. On retrouve ensuite, du côté de Moscou, les monts Valdaï, qui forment un autre point central. Ils fournissent au midi :

Le Volga,

Le Don, ou Tanaïs, qui se jette dans la mer de Crimée, ou mer Noire,

La Dwina, qui se jette dans la mer Blanche,

L'Onéga,

La Neva,

La Dwina, qui se jette dans la Baltique,

Le Dnieper, qui se jette dans la mer Noire.

§. 1093. Cette chaîne des Valdaï s'étend en Allemagne, par les monts Krapaks, et sépare les eaux qui vont se jeter dans la mer Noire, telles que plusieurs rameaux du Dnieper,

Le Bog,
Le Niester,
Le Pruth;

De celles qui se rendent dans la mer d'Allemagne, telles que

La Vistule,
L'Oder,
L'Elbe.

§. 1094. Les monts Krapacks se continuent par les montagnes de la Bohême, celles de la Souabe, le long du Danube, jusqu'aux Alpes, dont elles forment un des principaux rameaux.

§. 1095. Car les Alpes doivent être regardées comme le centre principal des montagnes d'Europe. Le mont Saint-Gothard et ses rameaux fournissent les plus grands fleuves de cette partie du monde,

Le Danube à l'orient,
Le Rhin au nord,
Le Rhône à l'occident,
Le Pô au sud-est.

§. 1096. Une des chaînes des Alpes, passant

par le Tyrol, traverse la Dalmatie, et va former les montagnes de l'Epire, de la Macédoine, ou Albanie, de la Romanie, et se termine à la mer Noire, du côté de Massoura. Ce rameau fournit, au nord-est,

La Drave,

La Save,

Et quelques autres rivières qui se jettent dans le Danube.

Et au midi et au sud-est,

Le Penée,.

Et quelques autres petits fleuves qui se jettent dans la mer Egée et la mer de Marmara.

§. 1097. UNE des branches de cette chaîne s'étend par la Thessalie, la Livadie, les îles de l'Archipel jusqu'à Rhodes, et de-là au mont Taurus, par la Caramanie. Elle va communiquer aux grandes chaînes de l'Asie, du côté d'Erzeron.

§. 1098. Un troisième rameau des Alpes s'étend le long du Rhin, et va former les Vosges, d'où sortent

La Mozelle,

La Meuse,

Et différens rameaux du Rhin.

§. 1099. UN quatrième rameau, formant le Jura,

s'étend dans les ci-devant Franche-Comté, Champagne et Bourgogne. Il fournit

La Marne,
La Seine,
La Saône.

§. 1100. Un cinquième rameau s'étend jusqu'à Monaco ; il en sort d'un côté,

L'Isère,
La Durance,
Le Var ;

Et de l'autre côté, différentes rivières qui se jettent dans le Pô.

§. 1101. Ce rameau, s'étendant du côté de Thin, va communiquer aux Cévennes, qu'on doit regarder comme le centre principal des montagnes de la France. Celles-ci donnent naissance à un grand nombre de rivières, telles que

La Loire,
L'Allier,
Le Cher.
La Charente,
La Dordogne,
La Garonne,
L'Ardèche.

Les Cévennes s'étendent par le pays de Foix, en séparant les eaux qui se versent d'un côté dans

l'Océan, de celles qui se versent dans la Méditerranée.

§. 1102. Les Pyrénées qui communiquent par ce rameau avec les Cévennes, sont un autre centre. Elles versent dans la Méditerranée les fleuves suivans :

Le Teck,
La Test,
L'Aude,

Et dans l'Océan, à l'orient :

L'Adour.

Du côté de l'Espagne, elles fournissent

L'Ebre,
La Bidassoa.

§. 1103. Les Pyrénées donnent des rameaux qui vont communiquer avec les montagnes des Asturies, de la Castille et de l'Estramadure. Elles s'étendent jusqu'à l'Océan atlantique du côté de de Lisbonne et du cap Finistère. Celles-ci fournissent

Le Miniho,
Le Douro,
Le Tage,
La Guadiana,
Le Guadalquivir,
La Segura.

§. 1104. Ces chaînes d'Espagne vont ensuite communiquer par Gibraltar avec Ceuta et le mont Atlas.

§. 1105. Ces grandes chaînes de montagnes donnent dans leurs écartemens naissance aux vallées. A mesure que ces vallées s'éloignent des montagnes, elles s'élargissent peu à peu, et vont former les plaines.

C'est dans ces vallées et ces plaines que coulent tous les ruisseaux, toutes les rivières et tous les fleuves.

Dans les hautes montagnes, les vallées sont étroites et rapides, et elles le sont d'autant plus que les montagnes sont plus roides et plus escarpées.

A mesure que les montagnes s'abaissent, les vallées s'élargissent; leur pente diminue, et naissent des plaines plus ou moins étendues: elles sont coupées par de petites montagnes, de petites collines, qui les bornent ordinairement des deux côtés.

C'est entre ces petits côteaux que coulent les rivières et les fleuves. Leurs eaux vont ordinairement frapper contre les bases de ces collines, qu'elles rongent en se jetant tantôt d'un côté, tantôt de l'autre. Elles forment ainsi des espèces de falaises au milieu des continens.

§. 1106. Les plaines sont beaucoup plus étendues que les chaînes des montagnes, et elles composent la majeure partie de la surface du globe.

En Afrique, les plaines sont peut-être plus des neuf dixièmes de la surface de ce continent ; car, en partant des montagnes de l'Abyssinie comme centre principal, on trouve au nord une plaine immense bornée par la mer Rouge, et qui s'étend le long de la Méditerranée jusqu'au mont Atlas. Elle comprend l'Égypte et la Barbarie.

Cette plaine s'étend à l'ouest par les déserts de Shara, le long du Sénégal jusqu'à la mer Atlantique.

La grande chaîne des montagnes de ce continent se propage par les monts Leupata jusqu'au Cap. Elle donne naissance, du côté de l'ouest, à différentes vallées où coulent les divers fleuves dont nous avons parlé ; mais toutes ces vallées ne forment, pour ainsi dire, qu'une seule et vaste plaine qui borde toute la côte de l'océan Atlantique. Cette plaine est coupée par quelques collines qui accompagnent le cours des fleuves.

Cette plaine remonte à l'orient le long de l'océan Indien, par le Monomotapa, jusqu'aux montagnes de l'Abyssinie ; mais elle est moins étendue que celle des côtes de l'océan Atlantique.

§. 1107. L'Asie présente des plaines non moins vastes que celles d'Afrique ; et comme ses principales chaînes de montagnes sont au milieu des continens, leurs pentes sont en général douces. De grands fleuves y coulent vers tous les points de l'horizon.

Ces plaines commencent dans les déserts de l'Arabie, qui ne sont séparés de l'Égypte que par la mer Rouge.

Il y a le long de cette mer quelques montagnes escarpées. Elles communiquent à la chaîne du Liban, et se propagent le long de la Méditerranée, traversent l'Asie mineure, et vont jusqu'à la mer Noire, où elles communiquent avec la grande chaîne.

Ce rameau sépare les eaux qui se versent dans la mer Rouge et dans la Méditerranée, de celles qui coulent à l'orient dans l'Euphrate et dans le golfe Persique.

Les plaines de la Mésopotamie, où coulent l'Euphrate et le Tigre, sont extrêmement étendues. Elles se prolongent en Perse, dans l'Inde, et dans la Chine jusqu'à la Corée, où paroît se terminer la grande chaîne.

Les plaines recommencent ensuite de l'autre côté de la Corée, le long de l'Amour, et s'étendent jusqu'aux monts Ourals...

Elles reparoissent au-delà de l'Oural, et s'é-

tendent jusqu'à la mer Blanche et à la Baltique. Celles-ci sont coupées par les monts Valdaï, qui s'élèvent au milieu de ce continent ; mais leur hauteur est peu considérable.

Le cours prolongé de tous les grands fleuves de l'Asie annonce assez l'étendue des plaines immenses qu'ils arrosent.

§. 1108. NULLE partie de la terre n'a d'aussi grandes masses de montagnes que l'Amérique ; cependant on y trouve encore de vastes plaines.

Les Cordilières de l'Amérique méridionale ont une pente extrêmement rapide du côté de la mer Pacifique, et on n'y voit presque ni plaines ni rivières : les eaux n'y forment que quelques petits torrens.

Mais du côté de l'orient, il y a des plaines assez considérables depuis le Chili jusqu'à Carthagène. Il faut convenir néanmoins que ces plaines sont traversées par de grandes chaînes de montagnes qui séparent les vallées, où coulent les grands fleuves de l'Amazone, de l'Orenoque, de Rio-Grande, de la rivière de Saint-François, de la Plata....

La première de ces chaînes sépare le bassin de la Plata de celui de la rivière de Saint-François.

Une seconde chaîne sépare ce dernier bassin de celui de la rivière des Amazones.

Une autre sépare l'Amazone de l'Orenoque.

La chaîne des montagnes de Panama dans l'Amérique septentrionale est roide des deux côtés, et ne laisse presque point de plaines.

Mais le Mexique a des plaines étendues du côté de l'Atlantique ; elles paroissent moins considérables du côté de la mer du Sud.

La plaine où coule le Mississipi est une des plus étendues du globe.

Cette plaine de la Louisiane n'est séparée de celle du Canada, où roule le Saint-Laurent, que par les monts Apalaches, et il y a encore de grandes plaines le long des rivières qui en sortent.

Le Labrador, les côtes de la baie d'Hudson renferment aussi des plaines ; mais ces contrées ne sont pas encore bien connues.

On peut donc assurer que, même dans l'Amérique, les plaines sont plus étendues que les montagnes.

§. 1109. L'EUROPE présente beaucoup moins de plaines que l'Asie et l'Afrique, à proportion de son étendue. Elle est coupée de tous côtés par de grandes masses de montagnes et par des mers Méditerranées ; néanmoins il y a encore de vastes plaines.

La Russie d'Europe offre des plaines étendues

depuis les monts Ourals jusqu'à la Baltique, comme nous l'avons vu. Ces plaines sont traversées par la Dwina, qui se jette dans la mer Blanche, par la Neva et par l'autre Dwina. Ces fleuves viennent des monts Valdaï, qui séparent les eaux qui se versent de ces côtés de celles qui se jettent dans la Caspienne et la mer Noire.

Cette plaine se prolonge le long de l'Océan, par la Courlande, la Prusse, la Pologne, le Brandebourg, la Basse-Saxe, la Hollande, le Brabant, et la France jusqu'aux Pyrénées. Des fleuves assez considérables, venant des monts Valdaï, des Krapacks et des Alpes, arrosent ces différentes plaines.

Les Pyrénées coupent cette plaine; et la partie occidentale d'Espagne est presque toute composée de montagnes dont les pentes sont roides.

La plaine recommence du côté du Portugal, et s'étend le long de la Méditerranée jusqu'aux Pyrénées orientales.

Les plaines sont peu étendues en France, le long de la Méditerranée, et sur les côtes d'Italie jusqu'à la vallée du Pô, qui est très-considérable.

A l'orient des Alpes, des Krapacks et des Valdaï, on trouve des plaines immenses en Basse-Autriche, en Hongrie, en Valaquie, en Moldavie, et tout le long de la mer Noire.

§. 1110. TOUTES les grandes chaînes de montagnes partent donc à-peu-près du centre des ntinens; elles s'étendent en différens sens, et ennent le plus souvent se perdre en pente douce ır les côtes de l'Océan. D'autres fois elles y forıent néanmoins des falaises plus ou moins élevées.

§. 1111. MAIS ces chaînes paroissent se continuer même dans le sein des mers; et à mesure que celles-ci s'abaisseront, on verra des terreins qu'elles couvrent sortir des montagnes, des vallées et des plaines.

Les géographes, et sur-tout *Buache*, ont dressé d'avance des cartes de ces lieux soumarins, dans lesquelles ils ont tracé ces chaînes de montagnes encore couvertes des eaux. On voit dans la mappemonde ci-jointe (*pl. IV*) quelques-unes de ces chaînes. On a suivi, pour les tracer, les chaînes des îles et les bas-fonds, marqués par les voyageurs.

La première de ces chaînes soumarines part des côtes d'Afrique par les dix degrés de latitude australe, et va se rendre sur les côtes du Brésil. C'est la prolongation de la chaîne qui sépare le Zaïre du Niger. Elle va communiquer avec la chaîne qui sépare la rivière de Saint-François d'avec celles de Rio Grande et des Amazones.

On peut soupçonner une autre chaîne qui vient

des Antilles, passe aux îles du cap Vert, va se rendre aux Canaries et à la côte de Maroc, et de-là à l'Atlas.

La mer Pacifique présente deux grandes chaînes de montagnes soumarines, indiquées par cette multitude d'îles qui se trouvent presque sous chaque tropique.

La chaîne méridionale va communiquer avec les montagnes de la Nouvelle-Zélande d'un côté, et celles de la Nouvelle-Hollande de l'autre.

Et la chaîne septentrionale va communiquer par les îles Mariannes aux côtes de la Chine et du Japon.

Enfin il y a une autre chaîne qui, des Maldives, s'étend par les îles de l'Amirauté, les îles de France, Madagascar, et va communiquer avec la chaîne du continent, qui sépare les eaux de la Couama de celles de la Zébée.

On peut supposer que la chaîne qui vient se rendre à l'île Zocotora est une continuation de celles de l'Arabie, qui se prolongent le long de la mer Rouge.

Il y a un grand nombre d'autres chaînes moins considérables; les grands bancs de sable, dont nous parlerons, nous en indiqueront quelques-unes. Tels sont le grand banc appelé *le Borneur*, qui part de la mer d'Allemagne, et fait le tour de l'Angleterre et d'une partie de l'Ecosse; le banc

qui, du promontoire des sept Caps sur la côte de Barbarie, s'étend jusqu'au golfe de Lyon....

DES TERREINS PRIMITIFS ET SECONDAIRES.

§. 1112. On distingue les différens terreins dont est formée la surface du globe à raison des substances minérales qui les composent, en

Granits,
Porphyres,
Schistes micacés,
Kneis,
Smectites,
Calcaires primitifs,
Terreins métalliques primitifs,
Antracite,
Calcaires secondaires,
Schistes argileux,
Bitumes,
Calcaires tertiaires,
Gypses,
Terreins sulfureux,
Terreins métalliques secondaires,
Terreins de substances agglutinées,
Terreins volcaniques.

Car c'est un phénomène constant, que chacune de ces matières est placée séparément, et ne se

confond nullement avec celles d'une espèce différente. Le calcaire tient au calcaire, le granitique au granitique.... S'il se trouve quelque mélange de ces différentes substances, ce n'est que par accident, et très-rarement. Il faut en excepter les terreins volcaniques, qui sont confondus avec tous les autres.

Toutes ces matières, en se déposant, ont donc suivi les loix des affinités. C'est un des plus grands phénomènes de la géologie, qu'il ne faut jamais perdre de vue.

On peut rapporter ces terreins à deux grandes classes, les uns dits primitifs, les autres appelés secondaires. Chacun d'eux se sous-divise en plusieurs autres.

Des terreins primitifs.

§. 1113. La structure de ces terreins mérite toute l'attention du géologue, parce qu'ils paroissent faire la base de la masse du globe. Ils forment d'énormes masses de cristaux déposés confusément les uns avec les autres.

Ces masses ne sont ni par bancs, ni par couches, comme l'ont prétendu de savans naturalistes. J'ai parcouru une grande quantité de terreins primitifs, et je n'y ai jamais vu de couches. Quelquefois on apperçoit des masses assez consi-

lérables de granits, ayant une figure presque rhomboïdale, superposées les unes sur les autres. Mais on ne sauroit regarder ces superpositions pour des couches, puisqu'elles n'ont rien de régulier, et que ces masses, presque rhomboïdales, ne se rencontrent que très-rarement. Le plus souvent ces granits sont fendillés en différens sens. Ces scissures se correspondent quelquefois; ce qu'on prendroit au premier coup-d'œil pour des espèces de couches. Mais un examen plus approfondi en fait bientôt reconnoître la différence.

§. 1114. Les terreins primitifs sont en général composés de granits et de porphyres; mais ce sont les granits qui en font la majeure partie.

Les élémens des granits sont le quartz, le feldspath, l'hornblende et le mica. On y rencontre encore quelquefois d'autres substances, telles que des grenats et d'autres pierres précieuses.

Le porphyre ne se rencontre également que dans les terreins primitifs; il y est très-abondant, et se trouve souvent mélangé avec les granits.

Les pétrosilex, les trapps, les cornéennes, se trouvent aussi dans les montagnes primitives; mais ils n'y sont pas ordinairement en masses aussi considerables que les autres substances dont nous venons de parler.

Les smectites, tels que l'amianthe, l'asbeste,

la serpentine, la trémolite, appartiennent également aux terreins primitifs; elles y forment des masses plus ou moins considérables.

Le quartz en masse, ou cristallisé sous le nom de cristal de roche, ne se trouve ordinairement que dans ces terreins. Les beaux morceaux sont dans de petites cavités appelées *fours à cristaux*. Il y est quelquefois enveloppé de stéatite d'un gris blanc, d'autres fois elle est verte. Il s'y trouve aussi de l'argile.... Le cristal lui-même est souvent mélangé avec de l'amianthe, de la tourmaline, du titanite ou schorl rouge....

Le cristal de roche des granits est quelquefois cristallisé, mais rarement. Il faut en excepter celui qui est dans des géodes ou petits vides qui se rencontrent quelquefois dans ces masses.

Dans les filons métalliques il y a beaucoup de quartz cristallisés, mélangés avec des spaths pesans, des spaths calcaires, des spaths perlés, des fluors....

Il se trouve encore dans ces terreins primitifs des pierres précieuses ou gemmes, des saphirs, des rubis, des émeraudes, des aigues-marines, des topazes, des hyacinthes, des chrysolites, des jargons, des corrindons.... Ces gemmes sont élaborées avec beaucoup de soin par la nature; elle les dépose quelquefois dans la masse des granits, mais c'est le plus souvent dans des cavités parti-

culières et dans les terreins secondaires primitifs.

Les schorls, qui comprennent les tourmalines, les ceylanites, les cyanites, les yanolites, les thallites.... se rencontrent encore dans ces terreins.

Enfin les fluors s'y trouvent également; c'est sur-tout dans les filons métalliques qu'ils sont abondans; ils y sont mélangés avec d'autres cristaux, comme nous l'avons dit.

Les barytites se rencontrent encore dans les terreins primitifs. Quelquefois ils y sont en masses éparses; mais le plus souvent ils sont dans les filons métalliques, sous forme de cristaux.

On trouve aussi dans ces terreins de l'argile. Elle est mélangée avec une grande quantité de parties quartzeuses : cette argile n'est point à l'état de schistes, mais elle est déposée en masses.

§. 1115. NÉANMOINS ces matières primitives contiennent des matières calcaires. Nous avons vu que dans l'analyse qu'on a faite des différentes pierres qui s'y trouvent, on en retire une certaine quantité de terre calcaire.

Indépendamment de cette terre, on y trouve des spaths calcaires, cristallisés en assez gros volume dans les fours à cristaux, dans les filons métalliques....

Mais la pierre calcaire se rencontre même en grandes masses dans ces terreins. On y trouve par-tout des marbres primitifs plus ou moins mélangés avec les autres terres, sur-tout avec la quartzeuse....

Des terreins secondaires primitifs, ou des kneis.

§. 1116. On appelle terreins secondaires primitifs ceux qui sont composés à-peu-près des mêmes substances que nous venons de voir, mais qui sont déposées par couches. Ce sont les granits veinés et les granits feuilletés, nommés kneis ou gneis.

Ces kneis contiennent à-peu-près les mêmes élémens que le granit; savoir, quartz, feld-spath, hornblende et mica; mais ils en diffèrent en ce que la réunion de ces substances n'est point une cristallisation régulière comme dans les granits: c'est un tissu feuilleté dans lequel le mica domine; il s'y trouve une certaine quantité de quartz, assez souvent peu de feld-spath.

Les kneis peuvent, comme les granits, contenir la plus grande partie des pierres précieuses, des schorls, des pierres magnésiennes et des pierres argileuses. On y rencontre particulièrement les grenats, les grenatites, les staurolites, les crucites,

es yanolites, les thallites, les asbestes, les amianthes....

Les pétrosilex, les trapps, les cornéennes, s'y trouvent aussi fréquemment.

C'est encore dans ces terreins secondaires primitifs, que sont la majeure partie des smectites, telles que talc, serpentine, ollaire, jade....

Enfin, les kneis sont très-abondans dans les grandes montagnes primitives; ils sont continus aux granits : c'est ce que présentent par-tout les grandes chaînes, telles que les Cordilières, les Altaï, les Krapacks, les Alpes, les Pyrénées.... Le Mont-Rosa élevé de 2430 toises, est tout composé de couches de kneis, qui sont à-peu-près horizontales. Le Mont-Cenis et toutes les bases du Mont-Blanc contiennent une très-grande quantité de kneis en couches plus ou moins inclinées.

Des filons métalliques.

§. 1117. Ces terreins primitifs contiennent différentes substances métalliques, ou disséminées, ou formant des filons réglés.

De l'antracite.

§. 1118. C'est encore dans ces terreins que se trouve ordinairement l'antracite.

Des terreins calcaires primitifs.

§. 1119. On trouve mêlangées avec le kneis des pierres calcaires, mais qui ne contiennent aucuns débris d'êtres organisés. C'est particulièrement dans ces terreins que sont les marbres dits salins, comme celui de Carare, parce que le grain de la cristallisation est gros, et n'offre pas des lames minces comme dans les autres variétés de marbre.

Ces terreins calcaires sont appelés primitifs, parce qu'ils ont été produits avant l'origine des êtres organisés.

Des terreins calcaires secondaires.

§. 1120. Auprès des kneis commencent les grandes couches de pierres calcaires, qui composent la majeure partie de la surface du globe. Il faut les distinguer en deux grandes classes qui sont assez bien prononcées.

Les premières, qui sont celles dont nous parlons, contiennent très-peu de coquilles; quelquefois même on a de la peine à y en trouver.

Cette pierre est en général dure. Quelques-unes ont une cassure concoïde, approchant de celle du silex; mais toutes ont un grain fin, compacte. Leur pesanteur spécifique est considérable, et va depuis 24000 jusqu'à 27000; leur dureté est assez

rande : leur couleur est le plus souvent d'un gris lus ou moins foncé. On y rencontre quelques oquilles, mais en petit nombre....

Toutes les hautes chaînes calcaires sont composées ordinairement de cette espèce de calcaires.

Des terreins calcaires tertiaires.

§. 1121. Ces terreins diffèrent de ceux que nous avons vus jusqu'ici. On les appelle coquiliers, madréporites... enfin tertiaires, parce qu'ils contiennent tous les fossiles dont nous avons parlé, soit végétaux, soit animaux. Il suffira d'en rapporter quelques exemples.

Rien n'est plus surprenant que l'immense quantité d'animaux et de végétaux qu'on rencontre de toutes parts dans l'intérieur de la terre, et au haut des montagnes, et à plusieurs centaines de toises au-dessous du niveau des mers. Comme c'est un des phénomènes les plus intéressans de toute la géologie, il faut en exposer les principaux faits.

On ne trouve aucun de ces débris dans les granits, dans les porphyres, dans les kneis, ni dans aucun des terreins primitifs.

Il en est fort peu dans les terreins secondaires les plus élevés ; quelques-uns même de ces terreins n'en contiennent aucun. Les gypses et les terreins calcaires qui sont aux environs du Mont-

Blanc, ne renferment aucun débris d'êtres organisés ; cependant le plus grand nombre de ces terreins secondaires élevés contient de ces débris. Je vais en citer quelques exemples.

§. 1122. *Legentil* rapporte (1) que *Dom Ulloa* lui a assuré avoir observé des coquilles pétrifiées dans une montagne calcaire des Cordilières du Pérou, à 2337 toises de hauteur au-dessus du niveau des mers, et d'autres à 2222 toises.

Leblond dit qu'il y a auprès de Santa-Fé de Bogota, à 2200 toises, des mines de charbon.

Wild, capitaine des Salines du canton de Berne, a trouvé des coquilles fossiles dans les montagnes des Diablerets, auprès de Bex, à environ 1600 toises de hauteur.

Il a aussi trouvé un énorme banc de coquilles fossiles dans la montagne dite la *Dent des Morcles*, proche celle des Diablerets, à 1342 toises de hauteur.

Montet dit qu'on a trouvé des cornes d'ammon dans les hautes montagnes du Pérou (2).

On trouve des coquilles dans des montagnes

(1) Mém. de l'Académie des sciences de Paris, 1771, page 280.

(2) Mém. de l'Académie des sciences de Paris, 1768, page 542.

les plus élevées des Pyrénées, près *les Tours de Marboré.*

§. 1123. Mais dans les terreins secondaires moins élevés, et sur-tout dans ceux qu'on appelle tertiaires, la quantité de coquilles et de débris d'êtres organisés est si prodigieuse, qu'en quelques endroits ils paroissent faire la majeure partie des terres et des pierres.

Les Falhuns en Touraine ne paroissent être qu'un détritus de coquilles brisées.

D'énormes masses de montagnes, auprès de Nice, ne sont qu'un amas de madrépores pétrifiés.

Donati, dans son histoire de la mer Adriatique, dit que tout le fond de cette mer, et une partie des couches pierreuses qui forment ses bords, sont presque uniquement composés de madrépores.

Je connois aussi des bancs considérables de pierres calcaires, presque tous formés de madrépores pétrifiés auprès de Sassangi, du côté de Tournus en Bourgogne...

Les bois fossiles, les bitumes... sont également très-multipliés...

Il seroit inutile d'accumuler des faits qu'on retrouve par-tout. Il est peu de terreins calcaires, de gypseux, de schisteux... de ces con-

trées, qui ne contiennent quelques débris d'êtres organisés.

§. 1124. Une remarque intéressante qu'on ne doit point perdre de vue, est que la plupart de ces fossiles, tels que les coquilles, les madrépores... se trouvent communément rangés par familles dans les couches de la terre, comme ils le sont sur les bords de la mer, ou dans son sein. La plus grande partie des coquilles d'un canton est de la même nature; là, sont des ammonites, ou cornes d'ammon; ailleurs des gryphites; ici des belemnites, plus loin des camites, dans un autre endroit des ostracites... Les pierres d'Issi, près Paris, contiennent une immense quantité de vis; celles des environs de Chantilli contiennent des camites; celles des environs de Soissons contiennent des pisolites. La montagne de Saint-Pierre, auprès de Maëstricht, contient beaucoup d'échinites..... Néanmoins il y a souvent un grand nombre d'espèces mélangées, comme à Grignon près Versailles, où on en trouve près de deux cents espèces...

Il est quelques espèces qu'on rencontre dans un grand nombre d'endroits, et qui paroissent pouvoir vivre par-tout; telles sont les belemnites, les ammonites, les gryphites...

Les plantes fossiles présentent assez souvent le

même phénomène. Dans telle mine de charbon, on trouvera telle espèce de plante; telles autres plantes dans une mine voisine...

Des terreins gypseux.

§. 1125. Les gypses forment des couches assez considérables, et ils sont assez répandus. On en a trouvé quelquefois dans les terreins primitifs, tels qu'au mont Saint-Gothard (1).

Cependant les gypses ne se rencontrent ordinairement que dans les terreins secondaires; et il faut encore en faire deux sous-divisions, comme des terreins calcaires.

Les uns se trouvent dans les hautes chaînes calcaires, et ne contiennent aucun débris d'êtres organisés; tels sont ceux qu'on rencontre dans la vallée de Chamouni.

Les autres sont dans les terreins tertiaires, et ils contiennent beaucoup de débris d'êtres organisés; tels que des os, des mâchoires avec leurs dents : on en trouve beaucoup à Montmartre; on y a aussi trouvé des oiseaux. Enfin dans d'autres endroits, comme à Aix, à Gibraltar... il y a des gypses qui contiennent beaucoup d'écailles de tortue.

(1) *Dolomieu*, Journ. de Physiq. 1794, page 183.

Mais on rencontre rarement dans les gypses des coquilles; c'est que sans doute l'acide sulfurique les décompose, tandis qu'il n'attaque pas si facilement les os, qui sont des phosphates calcaires.

Montmartre présente un fait assez singulier. On y a trouvé au milieu de gros blocs bien entiers, deux morceaux de fer qui paroissent avoir été travaillés. L'un avoit la forme d'une espèce de clef : il est cité par *Lamanon* (*Journ. de Phys. 1780, décembre*); et l'autre morceau de fer avoit la forme de la moitié d'un fer à cheval : il est déposé dans le cabinet des mines à Paris. Ces faits annonceroient que la formation de ces gypses est postérieure à l'établissement des sociétés d'hommes, ou d'autres êtres qui employoient ces métaux.

Des terreins argileux.

§. 1126. On rencontre dans les mêmes terreins, des argiles chargées d'impressions d'animaux, tels que des poissons... d'autres chargées d'impressions de végétaux, tels que des roseaux, des bambous, des fougères... Ce sont particulièrement ceux qui recouvrent les bitumes.

Ces schistes argileux sont déposés le plus souvent par couches, plus ou moins inclinés : ils contiennent ordinairement beaucoup de fer, sur-tout

des pyrites, qui paroissent s'y former journellement.

Des couches bitumineuses.

§. 1127. Les charbons de terre, ou bitumes proprement dits, se trouvent toujours dans les terreins secondaires, comme nous l'avons vu. On n'en a jamais rencontré dans les terreins primitifs, dans les kneis; et il y en a même peu dans les terreins calcaires secondaires.

Des terreins sulfureux.

§. 1128. Le soufre se trouve en grandes masses en plusieurs endroits. Nous avons vu que dans le duché d'Urbin, à Mazzara... il y en a beaucoup: il se trouve mélangé dans des couches argileuses, lesquelles sont recouvertes de couches gypseuses.

Des terreins métalliques secondaires.

§. 1129. Quant aux substances métalliques, elles sont dans toutes les différentes espèces de terreins secondaires, dans les calcaires, dans les argileux, dans les bitumineux: il n'y a peut-être que les gypses où on n'en ait pas trouvé. . . . Au moins je ne connois point d'observations de filons métalliques dans des gypses.

§. 1130. Les substances qui composent toutes ces dernières espèces de terreins, sont absolument différentes de celles qui forment les terreins primitifs. La majeure partie est de terre ou pierre calcaire de toutes espèces, marbres divers, pierre à chaux, pierre commune à bâtir, craie, marne, gypses, schistes argileux, bitumes...

L'analyse retire de ces différentes espèces de pierres calcaires, une quantité assez considérable de terre argileuse et de terre quartzeuse.

Il s'y trouve aussi assez souvent de la magnésie.

Les oxides de fer y sont très-abondans.

Enfin on y rencontre quelquefois de la manganèse.

Ainsi on ne peut regarder comme pierres calcaires pures, que les spaths calcaires cristallisés, et quelques marbres blancs.

Indépendamment de ces parties quartzeuses ainsi mélangées avec la terre calcaire, on trouve souvent dans les terreins calcaires une assez grande quantité de pierres quartzeuses : ces pierres sont de deux espèces.

§. 1131. Les premières sont les grès : ceux-ci sont une agglutination de sable quartzeux. Ce sable est réuni le plus souvent par un ciment calcaire. On doit supposer que des eaux, tenant en dissolution du calcaire carbonaté, ont coulé sur

des sables, et les ont enveloppés. Quelquefois cette terre calcaire a cristallisé, comme on le voit dans les grès cristallisés de Fontainebleau.

§. 1132. L'AUTRE espèce de pierres quartzeuses, qui se trouve dans les couches calcaires, est le caillou, ou silex proprement dit, ainsi que la pierre meulière, qui est une espèce de silex. Cette dernière se rencontre plus souvent dans les couches marneuses, ou même argileuses.

Les cailloux ou silex sont ordinairement dans les craies, dans lesquelles ils forment des espèces de bancs séparés par des couches de craie plus ou moins épaisses. Nous avons vu qu'il paroît que ces cailloux ont été formés dans ces craies.

§. 1133. LES argiles sont fort communes dans ces espèces de terreins. Quelquefois elles sont par couches assez épaisses, et plus ou moins étendues. On y rencontre assez souvent des pyrites.

Ces argiles sont assez fréquemment mélangées avec la terre calcaire, et forment des espèces de marnes, ou schistes marneux.

Ces marnes ou ces schistes argileux forment souvent des couches très-minces entre des couches plus épaisses de pierres calcaires, de gypses... car tous les grands bancs sont séparés par des couches minces d'une substance étrangère, qui est ordinairement de l'argile ou de la marne.

La plupart des argiles sont colorées par les oxides de fer ; on en rencontre très-peu qui soient blanches, et qui, au feu, n'acquièrent une couleur plus ou moins rouge.

Quelques-unes sont colorées par des oxides de manganèse, de cuivre, ou de nickel ; mais cela est plus rare.

Enfin il est des argiles colorées par des matières bitumineuses, mais en assez petite quantité pour se dissiper au feu, sans laisser de traces sensibles de matière charbonneuse, et pour lors l'argile devient blanche.

Les schistes argileux, si abondans dans ces terreins, ne sont encore que des espèces de pierres argileuses. Ils se délitent facilement en feuillets plus ou moins épais : ceux qui sont minces et ont beaucoup de consistance forment l'ardoise ; les autres forment des tables plus épaisses. Les schistes sont fréquemment remplis d'impressions de plantes, d'animaux....

Les mines de charbons se rencontrent ordinairement dans ces schistes ; et ce sont ceux-là qui offrent le plus grand nombre d'impressions de débris d'êtres organisés.

Les schistes contiennent fréquemment des pyrites, qui les colorent en se décomposant. C'est à cette cause qu'est due la couleur de l'ardoise et de la plupart de ces schistes.

L'acide sulfurique, formé par la décomposition de ces pyrites, se combine avec le fer, l'argile, la magnésie.... et produit des sulfates de fer, de magnésie, d'alumine....

Enfin ces pyrites s'enflamment quelquefois, et mettent le feu aux charbons.

DES CHAINES DES MONTAGNES.

§. 1134. APRÈS avoir considéré en détail la nature des différens terreins qui composent la surface du globe, examinons-les en masse.

§. 1135. LES montagnes granitiques s'offrent les premières aux regards de l'observateur. Leurs pics sourcilleux ont quelque chose de triste; la végétation y languit. Elles recèlent souvent dans leurs seins des filons métalliques. Leurs sommets les plus élevés sont couverts de glaces qui ne fondent plus; et de leurs flancs sortent les plus grands fleuves du globe. Des sources d'eau limpide et pure arrosent de toutes parts leurs pentes rapides.

Ces montagnes primitives paroissent former les sommités les plus élevées du globe. La plupart de ces hauts pics qui se perdent dans les nues sont de granit ou de porphyre. Ils dominent toujours les montagnes secondaires. Il ne faut en excepter que quelques pics volcaniques: au moins n'en con-

noissons-nous aucune plus haute que Chimboraco, un pic volcanique des Cordilières méridionales, qui a 3217 toises d'élévation au-dessus du niveau de la mer.

§. 1136. A côté de celles-ci se montrent les terreins secondaires. Ceux-là ont un aspect tout différent : leur face est riante ; les productions végétales y sont vigoureuses, parce que leur surface est en général une espèce de marne composée de terre calcaire et d'argile. Les fontaines y sont moins communes ; les eaux courantes se perdent dans les fentes dont ces terreins sont remplis ; elles sont ensuite retenues par des lits d'argile ou des bancs de pierre ; et pour lors ces fontaines paroissent sous forme d'assez gros ruisseaux.

§. 1137. Les montagnes secondaires sont constamment moins hautes que les primitives ; leurs chaînes marchent le long des premières, et toujours dans la même direction ; mais elles s'abaissent avec elles, et sont par-tout moins élevées : c'est ce dont s'assureront facilement les observateurs voyageurs (*pl. VIII*).

Dans les Alpes, on voit par-tout les chaînes primitives dominer. Le Mont-Blanc et tous ses rameaux sont plus élevés que les montagnes calcaires qui sont dans leur voisinage, telles que le

Buet, élevé seulement de 1577 toises; le Breven, élevé de 1306 toises; le Bonhomme, élevé de 1255 toises....

Les Pyrénées présentent également leurs pics granitiques au-dessus des calcaires. Quelques-uns de ceux-ci sont cependant très-élevés. Le pic Perdu, qui est calcaire, a 1764 toises d'élévation.... Néanmoins dans cette masse de montagnes les granits se détruisent avec une grande facilité. Ils sont tendres, et sont décomposés facilement par l'action des frimas. Les montagnes calcaires, au contraire, y résistent davantage à l'action des temps et des agens extérieurs. Elles auront donc moins perdu de leur élévation primitive, et pourront paroître quelquefois avoir la même hauteur que les granitiques. Mais elles ne l'ont pas eue dans l'origine.

Dans les Cordilières se trouvent des montagnes coquillières à une grande hauteur, puisqu'on y a observé des coquilles à 2337 toises d'élévation; mais les chaînes granitiques surpassent encore celles-ci.

Les mêmes phénomènes s'observent dans toutes les autres grandes chaînes, aux monts Abyssins, aux monts Atlas, aux monts Valdaï.... Auprès des hautes montagnes primitives, on en voit de secondaires, toujours un peu moins élevées que celles-ci; et à mesure que les chaînes granitiques s'abais-

sent, les secondaires éprouvent la même diminution proportionnellement : en sorte qu'on peut dire en général que les montagnes primitives sont plus élevées que les secondaires qui leur correspondent.

§. 1138. Cet abaissement des montagnes primitives se prolonge même jusqu'à la mer, et dans la mer on voit des chaînes granitiques se plonger dans ses eaux. C'est ce qu'offrent presque partout les côtes de France, depuis Cherbourg jusqu'aux Sables-d'Olonne. Les côtes correspondantes d'Angleterre, dans la principauté de Galles, sont également granitiques : en sorte qu'on ne peut guère douter que le granit ne s'étende très-loin dans le sein de la mer, des deux côtés de la Manche ; et si cette mer venoit un jour à se dessécher, on retrouveroit peut-être le prolongement de la chaîne granitique d'une de ces contrées à l'autre : au moins ne seroient-elles séparées que par quelques plaines de terreins secondaires, comme le sont, par exemple, les granits de la ci-devant Bretagne et du ci-devant Limousin.

Les granits se plongent aussi dans la mer auprès de Toulon (le fort Lamalque est bâti sur le granit), et peut-être vont-ils communiquer avec ceux de la Corse. La même chose s'observe sur un grand nombre de côtes.

1139. Des savans naturalistes ont prétendu que les terreins primitifs étoient toujours séparés des secondaires par des kneis ou des schistes. Cela s'observe, ajoutent-ils, constamment dans les monts Altais, dans l'Oural.... On y voit par-tout le kneis se trouver entre les deux autres espèces de terreins, suivant *Pallas*. Les mêmes phénomènes, disent-ils, s'observent dans les autres grandes chaînes, les Alpes, les Pyrénées.... *Ferber* prétend que toutes les montagnes du Tyrol de l'Europe présentent la même structure.

« Remarquez encore, écrit-il à M. *de Born*, » que, dans mon voyage de l'Italie par le Tyrol, » j'ai d'abord traversé des montagnes calcaires, » ensuite des schisteuses, et enfin de granit; que » ces dernières étoient les plus élevées; que je suis » redescendu de la partie la plus élevée de la pro- » vince par des montagnes schisteuses, et ensuite » calcaires. Souvenez-vous de plus qu'on observe » la même chose en montant les autres chaînes de » montagnes considérables de l'Europe, comme » cela est incontestable dans les montagnes Car- » pathiques, celles de la Saxe, du Hartz, de la » Silésie, de la Suisse, des Pyrénées, de l'Ecosse, » de la Laponie, etc. (1) Il paroît que l'on peut

(1) « M. *Charles Eugène Pabst d'Ohain*, intendant des » mines de Saxe, et très-grand minéralogiste, a fait une

» en tirer la juste conséquence, que le granit forme » les montagnes les plus élevées, et en même » temps les plus profondes et les plus anciennes » que l'on connoisse en Europe, puisque toutes » les autres montagnes sont appuyées et reposent » sur le granit; que le schiste argileux, qu'il soit » pur ou mêlé de quartz et de mica, c'est-à dire » que ce soit du schiste corné, ou du kneis, a » été posé sur le granit ou à côté de lui; et que » les montagnes calcaires, ou autres couches de » pierre ou de terre amenées par les eaux, ont » encore été placées par-dessus le schiste. »..... (*Lettres sur l'Italie, page 495.*)

§. 1140. Je crois qu'on a trop généralisé des faits particuliers. Il est très-vrai que les kneis et les schistes quartzeux se trouvent ordinairement au bas des grandes chaînes primitives, et que, par conséquent, ils les séparent des terreins se-

» quantité d'observations qui prouvent cette hypothèse, » et les instructions qu'il m'a données dans les différens » entretiens que j'ai eus avec lui, m'ont engagé à observer » avec attention cette partie de l'histoire naturelle dans » tous mes voyages; ce qui m'a fait rassembler les preuves » les plus claires de la justesse de cette opinion dans les » chaînes les plus considérables de l'Europe. On trouve » aussi dans différens écrits de M. *Lehman*, des remarques » qui ont rapport à ceci ». *Note de Dietrich.*

condaires ; mais cela n'arrive qu'assez rarement, et c'est ordinairement dans les hautes montagnes.

Car le plus souvent les terreins primitifs sont contigus avec les schistes, qui portent les empreintes de débris d'êtres organisés, et avec les charbons. Nous avons vu que c'est ordinairement dans ces lieux que sont les mines de charbons (§. 943).

Très-souvent encore les terreins calcaires, secondaires et les coquilliers sont contigus aux terreins primitifs, et reposent sur eux. C'est un fait que les observateurs auront occasion de vérifier à chaque instant ; il seroit donc inutile d'en citer des exemples. Par-tout, dans les grandes montagnes, on voit le calcaire reposer sur le granit, et sur les autres pierres des terreins primitifs.

Par conséquent on a trop généralisé l'observation que les kneis et les schistes quartzeux séparent toujours les terreins primitifs des autres terreins.

§. 1141. Il est une autre distinction dans les montagnes secondaires, laquelle est plus fondée.

Dans la première origine de la formation de ces couches secondaires, les êtres animés étoient peu abondans ; par conséquent on trouve une très-petite quantité de leurs débris, tels que coquilles, os, plantes..... dans les montagnes calcaires qui ont été formées à cette époque, et dont l'élé-

vation atteste l'ancienneté. Il y a néanmoins quelques coquilles qui prouvent que les êtres organisés existoient à cette époque de la formation de ces montagnes.

On a appelé ces montagnes *calcaires secondaires* pour les distinguer des montagnes *calcaires primitives*, qui ne contiennent aucun débris d'êtres organisés, et des montagnes *calcaires tertiaires*, qui sont tellement remplies de coquilles, que plusieurs en paroissent uniquement composées; car, à mesure que les êtres organisés se multiplioient, leurs débris devinrent plus abondans dans les couches contemporaines.

§. 1142. Les charbons bitumineux ne sont que des débris des êtres organisés, et les schistes qui leur servent de toit et de mur, sont également remplis d'impressions de plantes et de poissons.

§. 1143. Quoique les montagnes primitives soient les plus élevées du globe, et qu'elles le parcourent en différens sens, elles forment cependant la plus petite partie de sa surface, parce qu'elles ont très-peu de largeur; souvent cette largeur n'est que d'une lieue et même moins: elle a rarement plus de cinq à six lieues.

Ces chaînes primitives se prolongent dans la direction des grandes masses que nous avons sui-

vies ; mais en s'abaissant elles finissent par être recouvertes par les terreins secondaires. Il est cependant quelques chaînes primitives qui s'étendent jusques sur les bords de la mer, et se prolongent sous les eaux.

§. 1144. La plus grande partie de la surface du globe est par conséquent composée de terreins secondaires, c'est-à-dire, de schistes chargés d'impressions d'animaux et de plantes, de charbons, de montagnes calcaires secondaires et tertiaires, et enfin de gypses.

§. 1145. L'exposé succinct que nous venons de faire des chaînes des montagnes et des plaines qui en naissent, fait voir qu'elles n'ont point la direction régulière qu'on avoit cru y reconnoître, et que cette direction varie dans chaque continent (*planche IV*).

Car, en Amérique, la direction de la chaîne des montagnes est du nord au sud ; elle court depuis les 50° nord, et peut-être de plus loin, jusqu'au détroit de Magellan.

§. 1146. Il y a ensuite des chaînes collatérales qui ne laissent pas que d'être étendues : elles s'étendent le long des vallées où coulent les fleuves, tels que le Saint-Laurent, l'Orénoque, l'Amazone,

la Plata.... Plusieurs de ces rameaux se prolongent sur l'Océan (§. 1138).

§. 1147. Les principales chaînes des montagnes d'Afrique ont également leur direction du nord au sud. Depuis le cap de Bonne-Espérance elles s'élèvent jusqu'aux montagnes de l'Abyssinie, et de-là elles descendent le long de la vallée du Nil jusqu'à la Méditerranée.

Elles ont ensuite des chaînes collatérales à l'orient et à l'occident, qui se prolongent le long des vallées des différens fleuves. Celle qui accompagne le Niger, et sépare son bassin de celui du Zaire, est d'une grande étendue, se propage sous l'Océan, et va communiquer avec les chaînes du Brésil, qui séparent la rivière Saint-François de celle du fleuve des Amazones et de Rio-Grande.

§. 1148. Le cours principal des chaînes de l'Asie est de l'orient à l'occident, en partant des bords de la Méditerranée jusqu'au Kamschatcka. Elles divisent l'Asie en méridionale et septentrionale.

Mais d'autres chaînes se prolongent le long des vallées arrosées par les grands fleuves; la direction en est par conséquent vers tous les points de l'horizon.

Le premier de ces rameaux, partant du Taurus, s'étend le long de l'Asie mineure, en séparant les

eaux de l'Euphrate de celles qui se versent dans la Méditerranée, gagne le Liban, et se prolonge jusqu'en Arabie.

D'autres rameaux s'étendent le long de l'Euphrate et du Tigre.

Un rameau plus considérable va former les montagnes des Gates, et sépare les eaux de l'Indus de celles du Gange.

D'autres rameaux séparent les vallées où coulent le Pegou, le Menang, le Mecon, le Kiang, le Hoan, l'Amour, la Lena, le Yeniseï, l'Ob; et ils sont très-étendus.

Mais les monts Ourals sont la plus considérable de ces chaînes collatérales. Ils s'étendent jusqu'à la mer Glaciale; et si on suit cette chaîne à l'orient du lac Aral, on voit qu'elle se prolonge dans la Bukarie, gagne le Tibet, et va former les Gates en séparant les eaux de l'Indus de celles du Gange, et s'étendant jusqu'au cap Comorin et à Ceylan. Ce rameau ne seroit donc guère moins long que la grande chaîne qui va de l'orient à l'occident.

§. 1149. Les montagnes de l'Europe sont plus coupées, et leur direction varie sans cesse. Cependant la chaîne principale est depuis Lisbonne, ou le cap Finistère, jusqu'aux monts Valdaï; et à la mer Blanche du côté d'Archangel, ou même jusqu'à Wardhus.

§. 1150. CETTE disposition des chaînes de mo tagnes et de vallées, forme des bassins natur où coulent ces fleuves. On doit toujours conc voir dans l'espace qui sépare deux fleuves u ligne de démarcation, laquelle fixe les limites d eaux qui se versent dans l'un ou dans l'autre : cet ligne détermine l'étendue du bassin de chaq fleuve. Il est bien facile de suivre sur les cart ces lignes de démarcation, depuis une extrémit des continens jusqu'à l'autre.

§. 1151. IL faut bien observer que dans tout ces dispositions des grandes chaînes de montagn il se trouve toujours un côté où la pente est roi et escarpée ; les vallées par conséquent courtes resserrées, les fleuves peu considérables.

L'autre côté, au contraire, a une pente douc les vallées s'étendent au loin ; les eaux courante y sont en grandes masses.

Les Cordillères offrent ce phénomène d'un manière bien sensible ; les pentes à l'orient en son douces, les vallées très-prolongées : ces fleuve sont les plus considérables du globe.

Leur pente, au contraire, du côté de la mer d sud, à l'ouest, sont extrêmement roides : il n'y presque point de vallées ni d'eaux courantes, de puis le cap Horn jusqu'à la mer Vermeille.

L'Afrique présente le même effet, mais dans u

sens inverse : les pentes à l'ouest sont extrêmement prolongées ; les vallées sont immenses, les fleuves considérables ; et ils le seroient bien davantage, sans la grande chaleur qui y cause une évaporation prodigieuse.

Les pentes de ces mêmes montagnes sont roides à l'est, du côté de l'Océan indien, les plaines peu étendues, les cours d'eau peu considérables.

Toute la chaîne des montagnes d'Afrique qui côtoie la mer Rouge est fort roide ; et il y a peu d'eaux courantes.

La chaîne d'Arabie qui est le long de cette mer est également fort escarpée.

La chaîne du Liban qui se prolonge dans l'Asie mineure jusqu'à la mer Noire, est également escarpée du côté de la Méditerranée : il y a peu d'eau ; ses pentes sont plus douces à l'orient du côté de l'Euphrate.

La grande chaîne des montagnes d'Asie est à-peu-près au milieu du continent ; néanmoins on y apperçoit en plusieurs endroits le même phénomène : ainsi l'Euphrate va prendre sa source jusqu'auprès de la mer Noire. Par conséquent les pentes du Taurus sont très-douces et très-prolongées au midi ; elles sont roides du côté du nord. Du côté de Péking, de la Corée, les pentes des montagnes sont roides au midi, et très-prolongées à l'orient et au nord. La côte du Malabar est très-

étroite ; les pentes des Gates jusqu'à la Bukarie y sont roides : mais la côte de Coromandel est étendue, la pente des Gates y est douce... La pente de l'Oural est roide à l'orient, et douce à l'occident. C'est la même chose en général dans toutes les montagnes de l'Asie septentrionale ; les pentes y sont roides à l'orient, et douces à l'occident.

Les montagnes d'Europe présentent le même phénomène en plusieurs endroits.

La grande chaîne qui sépare la Suède de la Norwège a des pentes douces à l'orient, et elles sont très-roides au couchant.

Toutes les côtes de la mer, depuis Pétersbourg jusqu'aux Pyrénées, sont assez douces ; les plaines y sont prolongées ; les pentes des montagnes y sont étendues. Elles sont au contraire plus roides dans l'autre sens : les bords du Rhin sont escarpés à l'orient ; les Alpes sont plus roides du côté de l'Italie que du côté de France. Les Cévennes et leur prolongement dans la Bourgogne, ont des pentes douces du côté de l'océan ; elles fournissent de grands fleuves ; et à l'orient leurs pentes sont roides : elles ne donnent que quelques petites rivières, qui se jettent dans la Saône et dans le Rhône.

Les Pyrénées ont des pentes roides du côté de la Méditerranée ; elles ne fournissent que quelques petits torrens : leurs pentes sont plus douces du

côté de l'océan; et l'Adour, qui en sort, est un assez grand fleuve, ainsi que plusieurs rameaux de la Garonne.

Les montagnes d'Espagne ont des pentes prolongées à l'orient et au sud, sur la Méditerranée et vers le Portugal, tandis qu'à l'occident leurs pentes sont roides, leurs plaines peu étendues, leurs eaux courantes peu considérables.

§. 1152. Le même phénomène s'observe dans la plupart des montagnes et des collines, même les moins élevées. Il y a toujours un côté dont la pente est rapide, et contre lequel viennent battre les eaux courantes, tandis que de l'autre côté les pentes sont douces, et se prolongent à une distance plus ou moins éloignée. C'est un fait qu'il sera facile à tout observateur de vérifier jusques dans les plaines les moins étendues et les moindres vallées.

§. 1153. Mais il faut observer qu'assez généralement les pentes escarpées se correspondent, c'est-à-dire, qu'elles sont du même côté d'une mer, d'un golfe, et les pentes douces sont de l'autre.

Les pentes douces des grandes montagnes d'Amérique sont à l'orient, et correspondent aux pentes douces des montagnes d'Afrique qui sont à l'occident.

Les montagnes qui bordent la mer Rouge à l'orient du côté d'Arabie sont très-escarpées, ainsi que celles qui la bordent à l'occident du côté d'Afrique.

La mer Adriatique est bordée par des montagnes escarpées sur ses deux rives : celles de la Dalmatie ont leurs pentes roides sur cette mer, tandis que leurs pentes sont assez douces de l'autre côté.

Les Apennins ont des pentes escarpées sur cette même mer Adriatique, et leurs pentes douces sont sur la mer de Naples.

§. 1154. Tous ces phénomènes locaux doivent être observés soigneusement, parce qu'ils tiennent sans doute à la grande structure du globe.

§. 1155. La manière dont se comportent les chaînes des montagnes primitives relativement à celles des autres terreins, mérite encore une attention toute particulière de la part du géologue. Nous avons jusqu'ici peu de données exactes à cet égard : j'ai suivi une partie de celles de France, et je vais rappeler ce que j'en ai dit ailleurs (1).

(1) *Journ. de Physiq. janvier 1786.* J'y avois joint une petite carte qui a été mal exécutée ; et que j'aurois desiré faire graver avec plus d'exactitude pour cet ouvrage.

§. 1156. Les Cévennes me paroissent le centre principal des montagnes primitives de France : elles fournissent différens rameaux qui s'étendent à une distance plus ou moins considérable.

Celui que nous regarderons comme le premier s'étend le long de l'Ardèche jusques du côté d'Alès...

Le second rameau de ces chaînes primitives traverse le Rhône du côté de Tournon et de Vienne sur une largeur de sept à huit lieues ; il va se joindre aux Alpes du côté de Briançon ; il contient plusieurs mines de plomb, de cuivre, d'argent, d'or... Mais ce rameau ne touche pas immédiatement les terreins primitifs des Alpes ; les plaines secondaires du Dauphiné l'en séparent.

Le troisième rameau que donnent les Cévennes, forme les montagnes du Beaujolois ; il passe à Saint-Etienne, à Tarare, à Thizi, à la Claitte, à la Guiche, à Mont-Cénis, à Autun, à Saulieu, à Avalon... où il se perd. Ce rameau a, comme l'on voit, plus de soixante-dix lieues de longueur ; mais sa largeur est très-bornée, elle n'est quelquefois que d'une lieue. On y trouve les mines de cuivre de Chesi, de Saint-Bel, quelques mines de plomb... et il y a sur ses flancs un grand nombre de mines de charbon...

Un quatrième rameau séparant le bassin de la Loire de celui de l'Allier, forme les montagnes du

Forez; il passe à Roanne d'un côté et à Thiers d l'autre; il va se perdre du côté de Saint-Pierre-le Moutier.

La plaine de Montbrisson qui est calcaire, se trouve au-dessus de Roanne presque entièrement enfermée par ces troisième et quatrième rameaux granitiques. On est fondé à croire qu'elle a formé autrefois un lac.

Un cinquième rameau, séparant le bassin de l'Allier de celui du Cher, se détache du côté de la (ci-devant) haute Auvergne, passe au-dessus de Clermont, de Riom, et s'étend du côté de Montluçon.

Un sixième rameau sépare les eaux du Cher, et s'étend du côté de Limoges et de Rochechouard. De ses ramifications sortent l'Indre, la Creuse, la Sèvre, la Vienne et la Charente.

Un septième rameau sépare les eaux de la Charente de celles de la Dordogne.

Un huitième rameau s'étendant par Castelnaudari dans le pays de Foix, sépare les eaux de la Dordogne de celles de la Garonne : il forme aussi le point de séparation des eaux qui se versent d'un côté dans l'Océan, et de l'autre dans la Méditerranée : ce rameau va communiquer aux Pyrénées.

Les Pyrénées sont un autre grand centre de montagnes primitives, dont les rameaux s'étend

en France et en Espagne, comme nous l'avons dit.

Les montagnes primitives de Bretagne sont un autre point central qui donne différens rameaux, dont les uns s'étendent du côté de Brest, et les autres du côté d'Alençon; enfin les autres du côté de la principauté de Galles.

Les Vosges forment un quatrième point central de chaînes primitives en France, et tiennent aux Hautes-Alpes.

Les Alpes dauphinoises sont une partie de la masse des Alpes. Elles s'étendent jusqu'à Toulon, et vont sans doute communiquer avec les montagnes primitives de la Corse.

§. 1157. Voila donc quatre points principaux de montagnes primitives dans toute l'étendue de la France. Les Cévennes en font la masse la plus considérable, et celles-ci communiquent aux autres points, comme nous l'avons vu.

Le rameau qui s'étend du côté de Tournon va communiquer aux Alpes, dont il est séparé par les plaines du Dauphiné.

Le rameau du Limousin communique aux montagnes de Bretagne, dont il est séparé par les plaines du côté de Nantes.

Le rameau de Castelnaudary va communiquer aux Pyrénées, et est aussi séparé par des terreins secondaires.

Les Vosges tiennent aux Alpes.

Tel est le coup-d'œil général des différentes chaînes de montagnes qui traversent la France. Il faudroit dresser des cartes où la nature de chaque terrein seroit marquée. C'est un travail qui appartient aux savans qui s'occupent de l'exploitation des mines de France. Le zèle qu'ils mettent pour étendre et propager l'étude de la minéralogie et les connoissances géologiques, est un sûr garant qu'ils s'occuperont de cette partie.

Les mêmes communications ont lieu entre toutes les grandes chaînes primitives du globe. Elles s'envoient des rameaux recouverts le plus souvent, dans leurs parties inférieures, par des terreins secondaires qui forment les plaines. Ces terreins secondaires interrompent la communication des masses primitives. Le tableau de cette communication des chaînes primitives est un beau travail qui reste à faire à la géographie-physique.

DES GALETS ET DES ATTERRISSEMENS.

§. 1158. Par atterrissement, on entend les dépôts de matières non dissoutes que font les eaux, soit celles des mers, soit celles des lacs, soit celles des fleuves. Ces matières sont le plus souvent roulées et arrondies par le frottement; et dans ce cas, on les appelle *galets*.

Il faut distinguer ces galets en deux espèces, ceux des fleuves, ceux des mers et des lacs.

Galets des fleuves.

§. 1159. JOURNELLEMENT on voit se former des atterrissemens à l'embouchure des grands fleuves. Toutes les îles qu'on y rencontre en si grande quantité ne sont que des produits de ces atterrissemens. Elles ferment en partie le passage aux eaux du fleuve qui est obligé de se frayer un cours à côté de ces îles. C'est ce qu'on observe particulièrement à l'embouchure de l'Amazone, de l'Orénoque, du Gange, de l'Indus, du Nil, du Danube, du Rhône, du Rhin.... et de toutes les grandes rivières.

La plupart des plaines où coulent ces fleuves sont également remplies de pareils dépôts. On reconnoît que ce sont des atterrissemens, parce que la nature du terrein est différente de celui de la plaine, et que les pierres qui s'y trouvent sont arrondies, et sont de vrais galets.

Ces pierres roulées ou galets sont apportées des montagnes supérieures; et en remontant la vallée, on rencontre dans ces montagnes les lieux d'où ont été détachés ces galets. La montagne est-elle de terreins primitifs, les galets en sont également. Ils seront, au contraire, gypseux, calcaires, volcaniques.... si les montagnes supé-

rieures sont calcaires, gypseuses, volcaniques....

Cependant il est quelquefois difficile de retrouver dans les montagnes supérieures le lieu d'où ont été détachés les galets, parce qu'ils viennent de très-loin.

Ces galets ou pierres roulées s'agglutinent souvent, et sont enveloppés par un suc pierreux quelconque, qui les réunit et en forme des poudings ou des brèches. On trouve une grande quantité de ces pierres agglutinées au bas des grandes montagnes.

§. 1160. MAIS examinons plus particulièrement les atterrissemens formés par les fleuves.

Une partie de la Hollande a été formée par des atterrissemens. On a creusé un puits auprès d'Amstordam, à deux cent trente-deux pieds, dit *Varenius*. Les premiers cent pieds n'étoient composés que de terre végétale ou *humus*, de sable, de tourbe, d'argile. On trouva ensuite une couche de sable mêlé de coquilles, laquelle avoit quatre pieds d'épaisseur. Succéda une couche de cent deux pieds de glaise, et ensuite une autre de trente-deux pieds de sable.... et sans doute ce sable s'étendoit plus loin.

Ainsi, à deux cent trente-deux pieds, on ne trouvoit que du sable : or, ce sable est communément un produit des atterrissemens.

Il n'est pas douteux que la plus grande partie de la côte d'Allemagne ne soit formée de pareils atterrissemens. Les fouilles qu'on fait sur les côtes de la Prusse, pour extraire le succin, ne donnent que des sables, des graviers, à travers lesquels sont placés les arbres dans lesquels est le succin. On a poussé ces fouilles à plus de cent pieds de profondeur.

Une partie de la plaine de la Lombardie est également due aux atterrissemens. Le Pô y a transporté une quantité immense des débris des montagnes supérieures. *Ramazzini*, qui rapporte les fouilles faites auprès de Modène, dit que lorsqu'on est parvenu à quatorze pieds de profondeur, on trouve les ruines d'une ancienne ville, des maisons, des rues pavées, ensuite une terre assez solide, au-dessus une terre humide mêlée de végétaux. A vingt-six pieds de profondeur, on trouve des arbres tout entiers, tels que des noisetiers avec leurs fruits, une grande quantité de branches et de feuilles. A vingt-huit pieds, on trouve une craie tendre, mêlée de beaucoup de coquilles. Ce lit a onze pieds d'épaisseur. On retrouve, au-dessous de ce lit, des végétaux, des feuilles, des branches, et ainsi alternativement de la craie et une terre mêlée de végétaux jusqu'à la profondeur de soixante-trois pieds.... A cette profondeur est un lit de sable mêlé de petit gravier et de

coquilles semblables à celles qu'on trouve sur la côte de la mer d'Italie. On y rencontre aussi des os, du charbon de terre et des morceaux de fer... *Ramazzini* en conclut que le golfe de Venise s'étendoit autrefois jusqu'à Modène et au-delà. Par la succession des temps, les rivières et peut-être les inondations de la mer ont formé successivement ce terrein.

§. 1161. Le Delta, ou la basse Egypte, a été reconnu de tout temps pour un produit des atterrissemens du Nil. C'étoit un fait admis par les prêtres d'Egypte, qui nous a été transmis par *Hérodote* et tous les historiens les plus anciens. «Ce que me disoient les prêtres d'Egypte me paroît fort raisonnable. Tout homme judicieux qui »n'en a point entendu parler auparavant, remarquera, en le voyant, que l'Egypte où abordent »les Grecs (c'est le Delta) est une terre de nouvelle acquisition, et un présent du fleuve. On »portera aussi le même jugement de tout le pays »qui s'étend au-dessus du lac Mœris jusqu'à trois »journées de navigation». (*Hérodote, liv. II*, §. *X*.) On voit que ces vérités ont été connues par les hommes dès qu'ils ont commencé à raisonner.

Damiette étoit un port où Louis IX aborda au douzième siècle; et aujourd'hui il est fort éloigné de la mer.

Une portion des plaines où coulent les fleuves de l'Amazone et de l'Orénoque sont également le produit de l'atterrissement de ces fleuves. Nous ne connoissons pas ces contrées, mais nous ne pouvons douter que des masses d'eau aussi considérables, et descendant des montagnes les plus élevées du globe, n'entraînent avec elles beaucoup de sables et de galets. Les nombreuses îles qu'on trouve dans ces fleuves, et sur-tout à leur embouchure, ne sont formées que de ces atterrissemens.

La vallée où coule la Seine a été également comblée en plusieurs endroits par des atterrissemens. On a creusé des puits dans la plaine de Grenelle, on y a trouvé des sables, des galets, et un arbre à la profondeur de plus de soixante pieds.

Ce fait est général, et il n'est pas de fleuves, de rivières un peu considérables, qui, arrivés dans la plaine, ne forment de pareils atterrissemens.

§. 1162. La formation journalière de ces atterrissemens explique comment les plaines s'augmentent continuellement; car l'action des temps, les frimas, et sur-tout les pluies, dégradent sans cesse les montagnes, en diminuent les sommets élevés, et les amènent à une pente douce, qui, lorsqu'elle est à un certain point, par exemple à 40 degrés, se soutient plus long-temps.

Mais les eaux charrient toutes ces terres dans les lits des fleuves, et par conséquent exhaussent les plaines comme nous venons de voir que cela a lieu en Égypte, en Lombardie, en Hollande, dans l'Inde, et en général le long de tous les grands fleuves.

Une partie de ces débris est transportée jusques dans le sein des lacs et des mers, encombre par conséquent leurs bassins, et en recule les *limites*.

Les plaines s'étendront donc par ces deux causes réunies, la diminution des montagnes d'un côté, et de l'autre le comblement des mers et des lacs. Ajoutons-en une troisième : l'abaissement du niveau des eaux des lacs et des mers.

De tous les faits que nous venons d'exposer, il s'ensuit que les montagnes et collines *doivent* perdre continuellement, et d'autant plus que leurs pentes sont plus rapides. Aussi toutes les montagnes présentent par-tout ruines et débris.

§. 1163. QUELQUES-UNES des plus élevées sont couvertes de neiges et de glaces qui ne fondent plus ; elles en sont par conséquent défendues. La cime du Mont-Blanc, par exemple, est dans ce cas.

Mais toutes ses chaînes collatérales, connues sous le nom d'*aiguilles*, ne présentent que ruines ;

car ces aiguilles ne sont que des sommets de quelques rochers absolument dépouillés et totalement dégradés : leurs masses étoient sans doute autrefois beaucoup plus considérables. Toutes les autres chaînes des Alpes offrent les mêmes phénomènes.

Les Pyrénées sont dans un état de décomposition encore beaucoup plus grand ; les granits s'y altèrent avec la plus grande facilité.

Les monts Altaï ne présentent que ruines, surtout du côté du nord. Leur dégradation est telle, que *Pallas* n'a pas craint de dire qu'elle n'avoit pu être opérée que par des courans rapides venus du midi, qui avoient passé sur toutes ces montagnes, et s'étoient ensuite versés dans la mer du nord.

Les Cordilières ne sont pas moins dégradées par les mêmes causes. Leurs vallées sont comblées par des sables et des ruines que les eaux charrient des cimes les plus élevées.

Nous ne connoissons pas les montagnes de l'Abyssinie ; mais il n'est pas douteux qu'elles n'éprouvent les mêmes dégradations. Nous en pouvons juger par les atterrissemens que forment le Nil, le Niger, et tous les grands fleuves qui en sortent.

§. 1164. C'est à ces dégradations que sont dus ces amas de gros blocs de granit et d'autres

pierres qu'on trouve sur les flancs de plusieurs montagnes. Ils ont résisté à la décomposition et à l'action des eaux courantes, tandis que les parties qui les entouroient, ont été emportées par ces eaux.

Nous pouvons donc regarder comme un fait certain, que toutes ces montagnes étoient primitivement beaucoup plus élevées, et beaucoup plus considérables; mais nous ne saurions assigner les quantités de ces dégradations, qui, je le répète, ont abaissé les montagnes plus qu'on ne le pense communément.

Des galets produits par les irruptions des mers, ou la débacle de grands lacs.

§. 1165. Mais celles des causes qui ont dû produire les plus grandes quantités de galets, auront été l'irruption qu'a faite la mer dans différentes circonstances, et la débacle des grands lacs.

Nous verrons que tout prouve que plusieurs grands lacs se sont écoulés subitement, et ont inondé des pays immenses. Il n'est pas douteux, par exemple, que le déluge de Prométhée n'ait été produit par la débacle des lacs Gambea, et autres lacs d'où le Nil tire sa source. Les digues de ces lacs brisées et renversées par une cause quelconque, la masse de leurs eaux s'est écoulée

avec une grande impétuosité par la vallée du Nil; elle a donc dû inonder une partie de la Basse-Égypte... Mais ces eaux auront charrié des quantités immenses de terres, de sables, de pierres.... Ces pierres entraînées par un mouvement rapide se seront usées en se frottant les unes contre les autres, se seront arrondies et converties en galets.

§. 1166. La même chose a donc dû avoir lieu dans toutes les irruptions des grands lacs, et nous verrons qu'il y en a un très-grand nombre.

Il n'est guère douteux, par exemple, que le lac Lheman, ou de Genève, ne soit que le reste d'un lac immense qui couvroit tout le pays de Vaud, la vallée de Sion, occupoit la gorge qui conduit à Sallenche..... Ce lac ayant renversé ses digues s'écoula avec impétuosité, et couvrit toute la vallée où coule le Rhône jusqu'à la mer, d'une quantité immense de galets et de pierres roulées, dont plusieurs sont d'un volume considérable.

La même chose arriva peut-être au lac du Bourguet, et à quelques autres lacs dans la Tarentaise....

Ces torrens immenses jetèrent dans les premiers momens ces cailloux roulés sur différentes éminences, comme sur les côteaux de Lyon, d'un côté, et de l'autre côté sur ceux du Dauphiné

correspondans.... Toutes les plaines intermédiaires sont également remplies de ces galets jusqu'à la Méditerranée. Les galets dont est couverte l'immense plaine de la Crau sont dus à de pareilles débacles.

§. 1167. TOUT prouve également (§. 1514) que la Thessalie étoit couverte en partie d'un grand lac qui s'écoula subitement. Les contrées situées au-dessous doivent être également remplies de galets....

§. 1168. LES mers elles-mêmes ont fait de semblables irruptions à différens temps. Tout prouve, par exemple, que la mer Noire s'ouvrit subitement un passage par le détroit des Dardanelles (§. 1518), et causa une inondation sur toutes les rives de la Méditerranée. Quelle quantité immense de galets ne dut pas charrier un torrent aussi impétueux et aussi volumineux? et si la Méditerranée vient un jour à se dessécher, on retrouvera tous ces galets à différentes hauteurs; plusieurs seront recouverts de couches nouvelles....

Vraisemblablement le détroit de Gibraltar a aussi été ouvert par une irruption subite (§. 1538).

La même chose a dû arriver dans plusieurs autres lieux, et un grand nombre de mers Méditerranées a fait de semblables irruptions.

De pareilles irruptions ont dû avoir lieu dans des temps antérieurs, lorsque le niveau des mers étoit encore très-élevé ; elles auront donc pu amonceler des galets à des hauteurs plus ou moins considérables au-dessus du niveau des mers actuelles.

Galets produits par le roulis des eaux des lacs et des mers.

§. 1169. Les eaux des mers et des grands lacs auront pu produire des galets dans leur sein par le seul roulis des flots. On doit supposer que la plupart de ceux qu'on voit à de très-grandes hauteurs sont dus à cette cause. Il y a des galets à la Valorsine à plus de mille toises de hauteur : on en trouve aussi à la montagne du Bonhomme, à plus de douze cents toises d'élévation au-dessus du niveau de la mer (1). Or la position de ces lieux ne permet pas de croire que ces galets aient pu y être apportés par des fleuves ou autres eaux courantes : il faut donc supposer qu'ils ont été formés par le roulis des eaux des mers ; elles les ont déposés par couches d'abord peu inclinées : ces couches ont ensuite été renversées, et sont devenues verticales.

(1) *Saussure*, Voyages, §. 690.

Une partie de la Limagne d'Auvergne est remplie de galets de la même nature que la pierre de Volvic, laquelle, comme l'on sait, est une lave volcanique : ces galets se trouvent à une assez grande distance de l'Allier, et fort au-dessus du niveau de cette rivière. La position même des montagnes ne paroît pas avoir permis à l'Allier de remonter jusqu'à Volvic, élevé de plusieurs centaines de pieds au-dessus du niveau de la plaine.

On doit donc supposer que cet effet a été produit par les eaux des mers qui devoient être proche du volcan dans le temps de son éruption. On n'ignore pas que la plus grande partie des volcans en activité sont auprès des mers.

Sans doute on trouveroit beaucoup de ces galets volcaniques dans le fond des mers de Naples, de Sicile, d'Islande... si les eaux venoient à se retirer.

Il doit y en avoir également des quantités immenses dans le sein des mers où sont situés les volcans soumarins...

Ces galets doivent tous être attribués, comme ceux de la Limagne, à l'action du roulis des eaux des mers, ou de quelque grand lac; et on peut concevoir la manière dont elles les ont amoncelés, à des hauteurs plus ou moins considérables au-dessus des plaines ou des vallées.

§. 1170. Sur la plupart des côtes des grandes

mers les eaux apportent une quantité considérable de galets, qu'elles ont formés elles-mêmes, ou qui y ont été charriés par les eaux courantes; elles les agitent avec force dans les temps des marées et dans ceux des tempêtes; elles y déposent aussi des sables à travers desquels se trouvent ces galets. Prenons Douvres pour exemple (1); la côte y est parsemée d'assez gros galets que la lame y apporte: or Douvres se trouve à une hauteur plus ou moins considérable, relativement aux différentes parties du fond de la Manche. Si les eaux diminuent assez pour que cette mer se dessèche, on y trouvera donc des galets, à une hauteur quelconque, au-dessus de ces nouvelles plaines ou vallées; et il sera bien prouvé que ces galets y auront été apportés par les eaux de l'Océan.

Il se peut que ces galets viennent des débris des montagnes voisines, qui, dégradées par les eaux, tombent dans leur sein: ces eaux les agitent et les charrient plus ou moins loin.

Mais à quelle distance peuvent-elles les char-

(1) Dans plusieurs ports la côte est jonchée de galets de différente nature. Il faut ne pas les confondre avec les pierres qui ont servi de lest aux vaisseaux, et qui ont été apportées de diverses contrées. Ces pierres qu'on prend sur les côtes étoient déjà réduites en galets, et les flots les arrondissent de plus en plus.

rier? C'est ce que nous ignorons. Il est probable qu'elles peuvent les transporter assez loin.

Ajoutons que les eaux des mers peuvent prendre les galets apportés de très-loin par les fleuves, et ensuite les transporter encore à de plus grandes distances; ce qui par conséquent dénature entièrement les galets, dont on ne retrouve plus les analogues dans les montagnes voisines. On expliquera de cette manière pourquoi les galets de certaines vallées n'ont plus leurs analogues dans les montagnes voisines: mais cela est rare.

Ces transports seront favorisés par plusieurs causes, 1°. par les marées; des mouvemens violens des eaux des mers, tels que le sont les marées à Saint-Malo, auront pu transporter, à une assez grande distance, des galets d'un certain volume;

2°. Par les gros temps: les tempêtes favorisent encore l'action des marées pour faciliter ces transports;

3°. Par l'action des feux soumarins, qui doivent exciter de violens courans dans les eaux, et en charrier les galets à différentes hauteurs.

§. 1171. Des galets ont pu être produits par les grandes catastrophes du globe, suivant *Saussure*. « C'est un fait bien important, dit-il, que presque » toujours entre les dernières couches secondaires » et les premières primitives, on trouve des bancs

»de grès ou de poudings..... Ce fait est même »encore plus universel; car j'ai vu que le passage »des montagnes secondaires aux tertiaires, est »aussi marqué par des couches de brèches et de »grès... Cette observation prouve que tous les »grands changemens dans les causes génératrices »des montagnes furent précédés par des secousses »du globe, qui réduisirent en fragmens plus ou »moins grossiers différentes parties des montagnes »qui existoient alors... ». (*Voyages*, §. 594.)

J'aime mieux attribuer l'origine de ces grès, de ces brèches, de ces poudings, à l'action des eaux, comme nous venons de le voir.

§. 1172. Tous ces galets, quelle qu'ait été la cause qui les ait formés, déposés dans le sein des mers, sont souvent recouverts par de nouvelles couches formées, comme nous le verrons (§. 1382).

D'autres fois ils demeurent à découvert; tels sont les grands bancs de sable qu'on trouve dans le sein des mers... tels sont les galets de la plaine de la Crau en Provence...

Enfin souvent ils sont convertis en poudings, parce qu'un ciment quelconque les agglutine.

DES SABLES.

§. 1173. DANS un grand nombre de contrées, il existe des plaines immenses toutes couvertes de sable; et l'épaisseur de ces masses de sable est souvent considérable.

Une des plus grandes plaines de sable qu'on connoisse, est celle de la Mauritanie. Elle commence sur les rives de la Méditerranée, auprès d'Alexandrie, et remonte au sud le long de la vallée d'Egypte jusques sur les confins de l'Abyssinie : de-là elle s'étend sur la même largeur, par les déserts du Shara, du Biledugérid, jusques par-delà le mont Atlas. Nous n'en connoissons même pas bien les limites. Elle paroît bornée au sud par la chaîne de petites collines, qui partent de la grande masse des montagnes de l'Abyssinie, et se prolongent le long de la vallée du Niger : au nord elle s'étend en plusieurs endroits jusqu'à la Méditerranée.

A l'orient elle est bornée par la vallée du Nil, sur laquelle elle paroît gagner journellement; car cette vallée est beaucoup moins étendue aujourd'hui qu'elle ne l'étoit sous les Pharaons.

A l'occident elle paroît s'arrêter derrière les monts Atlas; mais elle se prolonge au sud de ces mêmes monts.

Cette plaine de sable n'est pas continue ; elle est interrompue par quelques monticules disséminés çà et là. Ces monticules arrêtent les nuages, qui se condensent sur leurs sommets, et fournissent quelques ruisseaux ; d'un autre côté les eaux courantes entraînent quelques portions de terre de ces montagnes : ces terres s'arrêtent sur les bords de ces ruisseaux, et fertilisées par cette humidité elles fournissent une végétation extrêmement abondante : ce sont ces petites portions de terreins que cultivent les habitans de ces contrées.

§. 1174. Un des phénomènes les plus remarquables que présentent ces plaines de sables, est la quantité prodigieuse de sel marin qu'elles contiennent ; elles en sont si chargées, que toutes les eaux qui y coulent s'en saturent, et le déposent en grandes masses dans le temps des chaleurs. Les habitans sont obligés d'aller chercher pour leur boisson des eaux pures, avant qu'elles aient traversé les sables.

Il y a des lacs plus ou moins étendus, tels que ceux de Tozzer, d'Ardea.... où se rendent ces eaux... Les grandes chaleurs de l'été font évaporer une partie de ces eaux, lesquelles déposent pour lors une quantité immense de sels.

Il paroît même que ce sel marin se décompose

en partie par cette grande chaleur; que l'acide se volatilise, et que l'alkali demeure à nu : car on trouve du vrai natron dans quelques-uns de ces lacs. On dit qu'il en existe un semblable en Egypte, auprès de la ville de Nitria, d'où on prétend qu'est venu le nom de *natron* : il y en a d'autres du côté d'Ammon.

§. 1175. CETTE plaine de sables s'étend au-*delà* de la vallée du Niger, ou Sénégal : car dans l'intérieur de l'Afrique, à cette même latitude, il y a également des sables et des lacs d'eaux *salées* où on recueille le sel. Les habitans de ces contrées, tels que ceux de *Bornou*, font un commerce de ce sel, qu'ils retirent également des lacs d'eaux salées. Et les caravannes, qui de ces régions viennent sur les côtes de la Méditerranée, parlent de grandes plaines de sable qu'elles ont à traverser; mais elles n'ont pas donné des notions exactes de ces contrées.

La grande plaine de sable de la Mauritanie s'étend au-delà de la vallée d'Egypte; et on la retrouve tout le long de la mer Rouge, depuis Memphis jusqu'aux montagnes de l'Abyssinie, du côté de Sienne.

On pourroit même dire que c'est toujours la même plaine de sable, qui se prolonge au-delà de la mer Rouge, dans l'Arabie Pétrée du côté

de Palmyre, et jusques sur les rives de l'Euphrate. Celle-ci contient aussi des sels, mais en moindre quantité.

Cette plaine immense de sable s'étendroit ainsi depuis Maroc jusqu'à l'Euphrate, et des bords de la Méditerranée, jusques bien avant dans l'intérieur de l'Afrique.

On retrouve au-delà de l'Euphrate des plaines de sable plus ou moins étendues en Perse, du côté d'Yspahan, de Kerman...

Il y en a également dans l'Inde.

§. 1176. MAIS une des plus considérables plaines de sable de ces contrées est le grand désert de sable de Cobi ou de Chamo, à l'orient de la petite Bukarie. On pourroit même dire qu'il s'étend depuis les confins de la mer Caspienne et du lac Aral, jusques sur les frontières de la Chine.

§. 1177. TOUT le nord de l'Asie est rempli de steppes, qui sont des plaines de sables mélangés quelquefois avec de l'argile, contenant beaucoup de sels, comme nous l'avons vu (§. 955). Ces steppes commencent du côté de la Crimée, s'étendent le long du Don, du Volga, du Jaïk ou Oural, communiquent au grand steppe des Kalmoucks, et s'étendent jusques au lac Baïkal.

Le sable n'est pas toujours à découvert dans les steppes; quelques-uns sont recouverts de diverses plantes.

§. 1178. L'AMÉRIQUE offre peu de sables; elle est toute couverte de forêts, de prairies, de savannes.... Cependant les bancs de sable à Terre-Neuve sont considérables...

§. 1179. LES sables ne sont pas abondans en Europe. On en trouve quelques-uns en Allemagne, du côté de la Prusse, d'Hanovre, dans le Holstein, à Hambourg...

Mais c'est sur-tout en Hollande où ils sont en grande quantité : ils forment des dunes considérables, qui s'étendent le long des grands fleuves, des différentes branches du Rhin, de la Meuse, de l'Escaut, et se prolongent le long des côtes de la mer, à Ostende, Nieuport, Dunkerque, Calais, Boulogne...

Le Zuiderzée, et tous les grands bancs de sable qui sont dans cette partie de l'Océan jusques sur les côtes d'Angleterre, sur-tout *le Borneur*, qui fait le tour de l'Angleterre, et s'étend jusqu'aux Hybrides, doivent être regardés comme un prolongement de ces sables. (*Planche IV.*)

La Bretagne contient beaucoup de sables, particulièrement du côté de Saint-Pol-de-Léon.

Ils reparoissent sur la côte d'Aunis.

Les landes de Bordeaux sont une plaine de sable.

On en retrouve du côté de Bayonne.

L'intérieur de la France présente aussi quelques sables du côté de Fontainebleau, de Villers-Coterets... quelquefois ils s'agglutinent par un ciment calcaire, et forment des pierres sableuses qu'on appelle *grès*.

§. 1180. Il faut maintenant rechercher les causes qui ont pu ainsi amonceler ces sables. Je crois qu'il y en a deux principales.

1°. Les uns sont dus aux fleuves qui les charrient des montagnes, comme nous l'avons vu. Le Rhin, la Meuse, l'Escaut... en charrient des quantités immenses, qui forment les dunes de la Hollande : vraisemblablement une partie du Zuiderzée et des bancs étendus de sable qui se trouvent dans ces mers, est due à cette cause.

2°. On ne peut douter que la plupart ne viennent des mers. C'est ce que prouve la grande quantité de sel marin qu'on y rencontre ordinairement, ainsi que quelques coquilles.

§. 1181. Mais comment les mers les ont-elles déposés ?

La supposition la plus vraisemblabe, est que

lorsque les eaux couvroient toutes ces contrées, et qu'elles s'en sont retirées, elles y ont abandonné cette quantité de sable. Supposons effectivement que la mer se retire des côtes de Hollande et d'Angleterre, et qu'elle s'abaisse d'une quantité considérable, il est certain qu'on verroit sortir du sein de ses eaux une très-grande plaine de sable. Si la Méditerranée s'abaissoit également, le banc de sable des sept Caps formeroit une plaine de sable. Il en seroit de même à Terre-Neuve si la mer s'en retiroit; elle laisseroit à découvert des plaines immenses de sable...

Avec ces sables se sera déposé le sel marin contenu dans ces eaux: ce sel est extrêmement abondant dans toutes les plaines de sable des pays chauds.

§. 1182. CEPENDANT quelques-uns de ces sels ont pu y être produits postérieurement, comme ils le sont dans nos nitrières. La quantité de nitre qu'on trouve dans quelques-unes de ces plaines, comme à Kerwan en Barbarie, en est une preuve, puisqu'il n'y a jamais de nitre dans les eaux de la mer.

Si nos sables d'Europe ne sont pas salés, c'est qu'ils ont été lavés par les fréquentes pluies qui en ont emporté tout le sel; au lieu que dans les pays chauds où sont ces sables mélangés de sels, les

pluies sont rares, et l'évaporation en dissipe les eaux avant qu'elles se soient rendues à la mer ou dans les lacs : elles ne sauroient donc emporter ces sels. D'ailleurs quelques-unes de nos plaines de sable ont été formées principalement par les fleuves, comme l'ont été quelques-unes de celles de Hollande.

Les sables du nord de l'Asie sont salés, parce que les eaux qui y coulent ne se versent ni dans la mer, ni dans des lacs, mais y séjournent.

§. 1183. Mais d'où la mer a-t-elle reçu ces sables ?

Ils sont de nature quartzeuse. Pourroit-on dire qu'ils ont été formés dans son sein par une cristallisation du quartz ?

Je crois plus vraisemblable qu'ils proviennent des débris des granits, des porphyres et autres pierres des terreins primitifs. Toutes les rivières qui prennent leur source dans ces terreins primitifs, roulent de pareils sables ; tels sont le Rhin, la Loire, la Garonne.... et elles charrient ces sables dans le sein des mers.

On peut donc supposer que tous ces sables déposés sur les continens, et ceux qui existent encore dans le sein des mers, viennent du détritus des terreins primitifs. Les feld-spaths, les micas, les hornblendes, les tourmalines, et les autres élé-

mens des pierres des terreins primitifs, se sont décomposés, et on sait qu'ils se décomposent facilement. Leurs principes, savoir la terre argileuse, la terre calcaire, la terre magnésienne, les oxides métalliques et la terre quartzeuse, se sont mélangés avec les débris des êtres organisés pour former les couches secondaires, dans lesquelles on retrouve toutes ces terres.

§. 1184. Mais leur partie quartzeuse, le quartz cristallisé régulièrement ou confusément des granits, ne se décompose qu'avec beaucoup de difficulté. Il est emporté par les eaux courantes, qui en déposent une partie sur leur rivage, et l'autre dans le sein des mers : il y forme ces sables quartzeux qui y sont si abondans. On ne peut élever aucun doute à cet égard sur ceux qui sont déposés dans le lit des fleuves et sur leurs rivages : il ne sauroit y en avoir davantage sur ceux qui sont charriés dans le sein des mers et des lacs.

§. 1185. Une partie des sables déposés par les eaux a pu être déplacée postérieurement à la retraite de ces eaux : car les vents charrient ces grandes masses de sable d'un lieu dans un autre avec une grande facilité. Les voyageurs nous effraient en nous rapportant la manière dont des masses immenses de sable sont soulevées par les

vents, et couvrent de vastes contrées. Des caravannes entières y sont quelquefois ensevelies; des armées même ont manqué à y périr, comme il arriva à celle d'Alexandre, dans son voyage au temple de Jupiter à Ammon.

§. 1186. Ce mouvement même des sables transportés par les vents peut couvrir des terreins qui ne l'avoient pas été primitivement. Nous en avons un exemple frappant en France.

« Aux environs de Saint-Pol-de-Léon, en basse »Bretagne, dit l'*Histoire de l'académie des »Sciences de Paris en 1722*, il y a sur les bords »de la mer un canton, qui, avant l'an 1666, étoit »habité, et ne l'est plus, à cause d'un sable qui »le couvre jusqu'à la hauteur de vingt pieds, et »qui d'année en année s'avance et gagne du ter»rein. A compter de l'époque marquée, il a gagné »plus de six lieues, et il n'est plus qu'à une demi»lieue de Saint-Paul; de sorte que, selon toutes »les apparences, il faudra abandonner cette ville. »Dans tous les pays submergés on voit encore »quelques pointes de clochers et quelques che»minées qui sortent de cette mer de sable... C'est »le vent d'est ou de nord qui avance cette cala»mité; il élève ce sable qui est très-fin, et le porte »très-loin.

»L'endroit de la côte qui fournit tout ce sable,

» est une plage qui s'étend depuis un peu plus de » quatre lieues, et qui est presqu'au niveau de la » mer, lorsqu'elle est pleine. La disposition des » lieux est telle, qu'il n'y a que les vents d'est ou de » nord-est qui aient la direction nécessaire pour » porter ce sable dans les terres. Il est aisé de con- » cevoir comment ce sable, apporté par le vent, » est repris ensuite par le même vent, et porté » plus loin... ».

Ce que nous venons de voir arriver auprès de Saint-Paul a lieu également dans tous les endroits où il y a des sables. Les vents d'ouest charrient les sables de la Barbarie sur l'Egypte, qui en est encombrée journellement.

Mais ce que les vents font aujourd'hui, ils l'ont pu faire dans des temps antérieurs, lorsque la mer étoit à une plus grande élévation. Ils *ont donc* pu porter des sables, les déposer et en couvrir des plaines plus ou moins étendues, comme ils en déposent auprès de Saint-Paul, sans que les eaux les aient laissés sur ces côtes.

§. 1187. *Deluc*, et quelques autres naturalistes, pensent qu'une partie de ces sables a été produite par une cristallisation particulière dans le sein des mers... Je ne nierai point la possibilité d'une pareille cristallisation; néanmoins elle ne seroit point conforme aux autres cristallisations géologiques que

nous connoissons : nous n'y voyons point les substances minérales cristalliser en petites parcelles de cette manière. D'ailleurs tous ces sables sont remplis de sel gemme, de lacs salés... on y trouve aussi des coquilles.... Ces sables sont arrondis ; et s'ils étoient le produit de la cristallisation, ils auroient la figure du quartz cristallisé, ou cristal de roche, dont les angles, à la vérité, pourroient être émoussés : mais on n'y voit rien de semblable.

Enfin on n'a pas besoin d'avoir recours à une pareille cristallisation pour expliquer l'origine de ces sables : nous voyons la quantité immense qu'en charrient les rivières. On ne sauroit douter que ceux du Zuiderzée et de toute cette côte n'y soient charriés par les grands fleuves qui s'y rendent. La même chose a lieu dans toutes les mers.

D'un autre côté, qu'on calcule les dégradations qu'ont éprouvées les grandes montagnes primitives, telles que les Alpes, les Pyrénées, les Andes, les Altaï.... et on concevra facilement que tous les sables que nous connoissons peuvent en provenir.

DES MASSES GRANITIQUES ÉPARSES SUR LES COUCHES CALCAIRES.

§. 1188. On a trouvé sur de hautes montagnes calcaires, et bien loin des montagnes primitives, de gros blocs de granit, et d'autres pierres des terreins primitifs.

Il existe de ces blocs de granit sur les monts Salèves. Ils sont plus ou moins gros, plus ou moins roulés, et toujours, ou presque toujours, à la surface de la terre.

On en trouve aussi beaucoup dans le pays de Vaud sur les bords du lac de Genève, et à une distance plus ou moins considérable de ce lac. Plusieurs de ces blocs sont très-gros, d'autres d'un assez petit volume.

J'ai également vu de ces blocs du côté de Pontarlier sur le Jura. Quelques-uns avoient plus de cent pieds cubiques, d'autres sont plus petits; et Pontarlier est élevé de plusieurs centaines de toises au-dessus du lac de Genève.

Toute la chaîne du Jura est couverte à sa surface de pareils blocs de granit.... qui sont d'un volume plus ou moins considérable.

Il faut observer que toutes ces chaînes calcaires sont à l'occident des montagnes primitives les plus proches, qui sont le Mont-Blanc, le Saint-Bernard, le Saint-Gothard....

§. 1189. La Lombardie présente le même phénomène. Des montagnes calcaires auprès de Turin sont couvertes de blocs de granit, dont quelques-uns ont jusqu'à trente pieds cubes de masse ; et ces montagnes calcaires sont éloignées de plusieurs lieues des montagnes granitiques, et en sont absolument séparées par la vallée d'Anières, la plaine de Turin (1).

On trouve aussi sur les montagnes secondaires du côté de Venise, des morceaux de granit, de quartz, et d'autres pierres qui viennent des montagnes primitives du Tyrol. (*Ferber, Lettres sur l'Italie, pag. 54.*)

§. 1190. La partie septentrionale des Alpes offre encore les mêmes faits du côté de l'Allemagne. On trouve dans la Westphalie, dans la Basse-Saxe.... un grand nombre de pierres primitives éparses sur les sables avec des pierres calcaires. « Dans ces contrées, dit *Deluc* (2), une » couche épaisse de sable mobile recouvre le plus » souvent, tant sur les hauteurs que dans les lieux » bas, des couches en désordre de pierres sableuse » ou calcaire, de marne ou d'argile ; et ces blocs » de pierres primordiales sont ensevelis jusques fort » avant dans cette couche supérieure ».

(1) *Dolomieu*, Journ. de Phys. janvier 1793, page 56.

(2) Journ. de Phys. février 1791, page 105.

§. 1191. On retrouve de ces masses granitiques éparses çà et là sur des terreins secondaires, tout le long de la chaîne des monts Krapacks, et jusques du côté de Moscow, le long des monts Valdaï.

Linné parle de pareils blocs trouvés en Gothlande (1). « On voit, dit-il, à Hoburg en Gothlande, » une pierre micacée immense et si pesante, qu'elle » n'eut pu être remuée par les forces humaines. » Cependant elle n'est point dans son lieu natal, » car on n'y trouve point de matières propres à la » former : d'où il faut conclure qu'elle a été trans- » portée de Suède ou de Moscovie par les flots de » la mer, *maris alluvio*, lorsque la Gothlande étoit » submergée par l'Océan ».

Bergman a fait les mêmes observations dans les montagnes qui séparent la Suède de *la Norwège*. « Le sommet de la montagne de Swucku, » l'une des plus hautes de la chaîne qui sépare la » Suède de la Norwège, est formé d'un grès feuil- » leté compacte ; il est couvert de monceaux de » pierres, dans lesquels on en trouve, du *côté de* » *l'ouest*, d'une espèce absolument différente de » toutes les autres. .. On voit sur la montagne cal- » caire de Rattvik dont le sommet s'élève d'environ » six mille pieds au-dessus du niveau de la mer, des

(1) *De telluris habitabili incremento*, art. 39.

»pierres d'une grosseur prodigieuse, et d'une na»ture différente de celle de la montagne. Sur la »montagne de Roduberg, on remarque un bloc »de feld-spath rougeâtre à grains grossiers, mêlé »de quartz et de mica brun...». (*Bergman, Géographie physique, Journ. des mines de France, n°. XVI, pag. 64.*)

Le bloc immense de granit dont est faite la statue de Pierre Ier à Pétersbourg, a été trouvé dans un marais également à l'occident des chaînes granitiques, et à une très-grande distance de ces chaînes.

Pallas a vu, auprès de Bronitzkoï-Jam, des blocs énormes de quartz loin des montagnes primitives (1).

§. 1192. Je me suis informé de savans qui ont voyagé du côté d'Astrakan et de la Sibérie, si ce même phénomène y a lieu. Ils m'ont répondu n'avoir rien observé de semblable. Dans les lits des rivières, dans les plaines, on trouve des pierres qui sont roulées par les eaux, comme dans le reste du globe; mais ces pierres roulées viennent des montagnes supérieures, et on ne parle point de blocs granitiques sur les montagnes calcaires.

La Chine, l'Inde, la Perse, l'Arabie, l'Asie

(1) Voyages de *Pallas*, tome I, page 6, trad. franç.

mineure, ne présentent aucun de ces blocs granitiques sur les montagnes calcaires. C'est au moins ce que nous pouvons conclure des rapports des voyageurs.

§. 1193. L'ÉGYPTE, la Mauritanie, et le reste de l'Afrique, n'offrent non plus rien de semblable.

§. 1194. ON ne peut rien prononcer à cet égard sur l'Amérique qui n'est pas encore assez connue. Cependant, d'après le rapport des voyageurs, on peut conjecturer qu'il n'y a aucun de ces blocs granitiques sur les montagnes secondaires.

§. 1195. L'ESPAGNE, la France excepté le Jura, l'Angleterre, la Hollande.... ne font voir de ces galets granitiques, que dans les vallées, dans les plaines, le long des rivières.

§. 1196. IL paroîtroit donc que le phénomène dont il est ici question, seroit particulier aux chaînes calcaires qui enveloppent à l'occident les Alpes, les monts Krapacks, les monts Valdaï, et qu'on ne trouve des blocs granitiques sur les montagnes calcaires, que depuis Turin jusqu'à Pétersbourg et à Moscow.

§. 1197. LA cause qui a porté ces masses granitiques à de si grandes hauteurs, sur des mon-

agnes calcaires très-éloignées des chaînes primitives, n'est point facile à saisir. La difficulté augmente encore, si on fait attention qu'indépendamment de l'éloignement, elles ont dû encore franchir le plus souvent des vallées profondes, et par conséquent gravir la montagne calcaire à une hauteur plus ou moins considérable.

Ceux de ces blocs qu'on trouve, par exemple, sur le Jura, ne peuvent venir que du Mont-Blanc, ou du Saint-Bernard, ou du Saint-Gothard.

S'ils viennent du Mont-Blanc, il faut qu'ils aient franchi les vallées de Chamouni, qu'ils se soient ensuite élevés sur les monts Salèves, redescendus dans la vallée profonde du lac de Genève, et qu'ils aient été portés sur le Jura à des hauteurs considérables.

S'ils sont venus du Saint-Gothard ou du Saint-Bernard, ils auront dû être apportés par la vallée de Sion, Saint-Maurice, et être élevés sur le Jura; et il y a au moins quinze à vingt lieues.

Mais dans d'autres endroits la distance est encore plus considérable, comme pour ceux dont parle *Linné*.

§. 1198. Voici des faits dont il ne faut point s'écarter dans la recherche de cette cause.

1°. Plusieurs de ces blocs granitiques, tels que celui de la statue de Pierre Ier, sont d'un volume

immense : ce dernier étoit de trente à quarante mille pieds cubiques.

2°. Il y a de ces gros blocs, tels que j'en ai vus du côté de Pontarlier, qui sont peu usés, peu arrondis.

3°. Un plus grand nombre d'autres sont petits, très-arrondis, et ressemblent parfaitement aux galets des rivières, et à ceux des atterrissemens déposés dans les plaines.

4°. Tous ces blocs sont, à la surface de la terre, déposés sur les matières secondaires, principalement sur les matières calcaires.

5°. Plusieurs de ces blocs sont à la distance de quinze à vingt lieues et plus des chaînes primitives.

§. 1199. Ces faits indiquent deux choses :

a Que le transport de ces masses granitiques a été fait postérieurement à la formation des dernières couches calcaires :

b Que ce transport a été fait par les eaux, puisque tous ces blocs sont plus ou moins arrondis et roulés.

D'où il s'ensuit qu'il falloit qu'à cette époque les eaux fussent encore à la hauteur à laquelle on trouve ces blocs.

Mais cette cause, telle qu'elle soit, n'a agi qu'aux environs des Alpes et de leurs chaînes, qui

s'étendent par les monts Krapacks et les monts Valdaï, du côté de Pétersbourg et de Moscow; et son action s'est dirigée plus particulièrement à l'occident de ces montagnes.

§. 1200. Il faut rechercher maintenant par quels moyens les eaux ont pu, aux époques que nous avons déterminées, apporter ces masses granitiques dans les lieux où on les trouve. On sent qu'ici les opinions des naturalistes ont dû varier comme dans l'explication des autres phénomènes géologiques.

§. 1201. Plusieurs ont supposé que le terrein intermédiaire étoit rempli, et qu'il n'y avoit point de vallées dans les temps que ces blocs ont été détachés des hautes montagnes. Des courans violens produits, soit dans le sein des mers, soit par la débacle de différens bras de mer ou de grands lacs, soit par le cours des fleuves, les ont portés d'abord sur les montagnes secondaires moins élevées, et ont creusé ces vallées postérieurement.

Ferber attribue ces phénomènes au cours des fleuves. Il dit, en parlant des blocs granitiques déposés sur les montagnes calcaires de l'état vénitien: « Comment ces roches détachées peuvent-» elles avoir été portées où on les voit? Elles sont » semblables, il est vrai, à celles qu'entraînent » dans leur cours l'Adige et la Brenta, en traver-

»sant les montagnes du Tyrol. Mais ces rivières »ont-elles pu déposer ces roches roulées en des »lieux élevés aujourd'hui de quelques milliers de »pieds au-dessus de leur lit? Cela paroît impossi»ble.... Il est donc plus naturel de croire que l'A»dige et la Brenta avoient autrefois leur cours à »cette hauteur. Le cours de leurs eaux a peut-être »suffi pour couper et percer des vallons fort au»dessous de ceux qu'elles arrosoient...». (*Pag. 56.*)

§. 1202. D'AUTRES prétendent que ces vallées ont été formées par affaissement, après que les eaux ont eu transporté ces blocs.

Ces savans se font donc deux difficultés :

La première est le transport des blocs, soit par les eaux des mers, des lacs, soit par celles des fleuves;

La seconde est l'excavation des vallées intermédiaires, postérieurement au transport de ces blocs.

§. 1203. CECI a pu avoir lieu dans quelques circonstances; mais je ne pense point qu'on puisse dire que les vallées intermédiaires ont toutes été creusées depuis le transport de ces blocs. Car pour excaver une vallée, par exemple, depuis Pontarlier jusqu'aux Alpes granitiques, c'est-à-dire, jusqu'à la vallée de Sion, qui est la chaîne granitique la

plus prochaine qu'il y ait, quelle force énorme! La distance est de plus de vingt lieues, et la profondeur est de trois à quatre cents toises, et davantage. Nous ne connoissons point de forces semblables dans la nature : il ne paroît pas qu'aucun courant eût pu produire un tel effet.

Et si on supposoit un courant de cette force, il auroit tout bouleversé.

§. 1204. Je ne puis non plus admettre un affaissement aussi énorme, sans les raisons les plus puissantes.

Mais si ces vallées n'ont pu être excavées par des courans, ni formées par des affaissemens, quelle force aura donc pu élever des blocs aussi considérables sur le Jura et les autres montagnes secondaires, sur lesquelles ils se trouvent? Voici ce que je crois de plus vraisemblable à cet égard.

§. 1205. Nous savons que les lames des mers et des lacs rejettent sur la plage des galets assez gros. Les bords de tous ces lacs sont couverts de pareils galets, comme nous l'avons déjà dit.

Or ces lacs et ces mers ont une profondeur plus ou moins considérable. La plage, à Douvres par exemple, est couverte de galets assez volumineux; et le fond de la Manche, vis-à-vis Douvres,

a au moins vingt brasses, ou cent pieds, suivant *Buache*. La mer, vis-à-vis Saint-Malo, a quarante à quarante cinq brasses de profondeur.... Il faut donc que la lame ait assez de force pour emporter avec elle ces galets sur la plage, et les remonter au moins jusqu'à cent pieds de hauteur. Car supposons que le détroit de la Manche soit à sec, on pourroit dire avec réalité que les galets de Douvres ont été remontés à une hauteur plus ou moins considérable, qui sera au moins égale à cent pieds, puisque c'est la moindre profondeur de la Manche vis-à-vis Douvres.

Pour faire l'application de ceci aux masses granitiques transportées sur le Jura et autres endroits, il ne faut que supposer plus d'intensité à l'effort de la lame. La plupart des blocs granitiques du Jura sont moins gros que plusieurs de ceux qui sont sur les bords de la mer à *Douvres*.

On retrouve sur les bords du lac de Genève des galets granitiques, tels que ceux qui sont sur les hauteurs du Jura. Ce lac a dans certains endroits une profondeur de près de mille pieds. Si on supposoit ce lac desséché, on pourroit donc dire que ces galets granitiques ont été élevés à la hauteur de mille pieds. Or ces galets sont aussi gros que la plupart de ceux qui sont sur le Jura. On peut donc bien supposer que tous les blocs granitiques du Jura, qui ne sont pas plus gros que ceux des

bords du lac de Genève, y ont été élevés par la force des lames.

§. 1206. Mais la difficulté est plus considérable pour les gros blocs, tels que ceux dont parlent *Linné*, *Bergman*; tels que celui qui étoit dans les marais de Pétersbourg; tels que ceux que j'ai vus du côté de Pontarlier.... Il ne paroît guère possible, au premier coup-d'œil, qu'une lame puisse remuer des masses aussi énormes (1).

Je sens toute la force de ces difficultés; mais elles me paroissent moins grandes dans mon hypothèse que dans les autres.

Je ne puis admettre ni l'excavation de ces vallées, ni leur affaissement. Mais, en supposant même que ces vallées n'existoient pas à cette époque, la difficulté seroit toujours à-peu-près

(1) En relisant *Linné* depuis la première édition de cet ouvrage, j'ai vu qu'il avoit eu la même opinion sur le transport de ces gros blocs granitiques. Il parle de celui qui se trouve proche Hoburg en Gothlande, et il dit: *Lapis ingens micaceus, in distantia quadrantis milliaris ab Hoburgo conspiciendus gravior est quam ut hominum viribus potuisset moveri. Nec tamen in loco suo natali jacet. Nam hîc non reperitur materia ei generandæ apta. Unde colligitur eum maris alluvio fuisse huc deportatum ex Suecia vel Moscovia, quum adhuc salso submersa esset Gothlandia.* (De telluris incremento, §. 39.)

la même. Il faudroit toujours supposer que les eaux ont pu transporter ces mêmes masses aux lieux où elles sont.

§. 1207. La seule différence seroit que ce transport s'opéreroit sur un terrein à-peu-près plat; car on ne peut pas dire que ces masses auroient roulé par leur propre poids de la cime des hautes montagnes. La distance du lieu où elles sont, aux montagnes granitiques, est trop considérable, puisqu'il y a plus de vingt lieues. Et qu'est la hauteur du Mont-Blanc lui-même, relativement à sa distance de Pontarlier? Nous voyons journellement à la cime des montagnes de gros blocs qui ont une position fixe, et que les courans ordinaires ne sauroient ébranler, quoique la pente de la montagne soit très-rapide. Ces blocs, même dans cette hypothèse, n'auroient donc pu également qu'être transportés par la force de la lame et des courans, sans que la pente du terrein y contribuât d'une manière sensible.

Les deux hypothèses ne diffèrent donc qu'en ce que dans l'une on suppose que le transport s'est opéré sur une surface à-peu-près plane.

Et dans la mienne, je suppose que le transport s'est d'abord fait sur des surfaces planes, et ensuite sur des surfaces inclinées en remontant.

Mais si les eaux ont pu transporter ces masses

énormes sur une surface plane, et il faut bien qu'on l'admette, elles auront pu également les remonter sur une surface inclinée, comme le font les lames des mers et des lacs pour les galets. Il ne leur faut qu'un degré de force de plus.

Au reste, je le répète, je ne nie point que ces événemens aient eu lieu quelquefois, et que les vallées intermédiaires n'aient pu être creusées postérieurement au transport de ces blocs.

§. 1208. Il reste à rechercher quelle a été la cause qui, dans cette seule partie du globe, a pu produire d'aussi grands effets.

C'est sans doute une cause locale, qui n'a agi que dans les Alpes, dans les monts Krapacks, et dans les monts Valdaï, et particulièrement à leur partie occidentale. Ce phénomène, qui s'étend ainsi à une distance de cinq à six cents lieues, ne peut donc être attribué aux eaux d'un lac particulier, comme on pourroit le supposer relativement aux Alpes et au lac de Genève. Il faut en rechercher une cause plus générale.

Les mouvemens des eaux des mers ont pu y concourir dans plusieurs occasions. A Saint-Malo et sur toute cette côte, les marées sont prodigieuses, et s'élèvent quelquefois jusqu'à cinquante pieds de hauteur. Supposons-leur la même étendue dans l'instant que la mer étoit encore au pied

des Alpes, des monts Krapacks et des monts Valdaï. Elles devoient même être plus considérables, à cause de la plus grande masse des eaux et de la profondeur des mers. Or, des lames aussi fortes auront pu élever à une grande hauteur des galets très-gros et très-pesans. On sait que ces grandes marées tiennent à des causes locales, sur-tout à la nature des golfes.

On pourroit peut-être encore avoir recours à des commotions souterraines, à des tremblemens de terre.... Nous avons vu que ces commotions sont quelquefois assez fortes pour transporter jusqu'à la distance d'une lieue et plus des masses immenses de terreins d'une profondeur considérable, et contenant plusieurs arpens de superficie, comme il est arrivé dans le tremblement de la Calabre, en 1783. D'autres fois ils lancent à des distances considérables des grêles de pierres plus ou moins grosses.... Nous en devons conclure que des tremblemens de terre plus violens produiront encore de plus grands effets. Or, il paroît certain qu'il y a eu des tremblemens de terre beaucoup plus violens que ceux que nous éprouvons aujourd'hui. Ils auront donc pu, en certaines circonstances, lancer ou transporter des quantités considérables de pierres plus ou moins volumineuses....

DES FENTES ET DES CAVERNES.

§. 1209. Dans l'énumération des phénomènes géologiques, on ne doit pas oublier les fentes et les cavernes. Les grandes masses qui forment la surface du globe ne sont point d'une seule pièce. Elles ont éprouvé des scissures qui divisent les bancs et les lits dont elles sont composées. Les cristaux qui les forment sont réunis. Le lieu de la réunion paroît distinctement.

Mais ces fentes ne sont, pour ainsi dire, qu'une solution de continuité des masses, une interruption; et il n'y a point d'espace vide entre les deux portions ainsi séparées. On pourroit donner à ces fentes le nom de *scissures*.

Ce qu'on appelle communément *fentes* diffère de celles-ci, en ce qu'il y a un vide plus ou moins considérable entre les deux portions séparées. Ce sont les vraies fentes qui se prolongent à une distance plus ou moins étendue.

Mais si ce vide a une certaine largeur, il prend le nom de *caverne*, ou *grotte*.

Il faut distinguer trois espèces de cavernes ou fentes :

1°. Les fentes et cavernes des terreins primitifs.

2°. Celles des terreins secondaires.

3°. Celles des terreins volcaniques.

Des fentes et des cavernes des terreins primitifs.

§. 1210. DANS les terreins primitifs, on ne connoît point de vraies fentes. Ce ne sont que des scissures qui affectent toutes sortes de directions, et s'étendent à des profondeurs immenses. Il n'y a pas ordinairement d'espaces vides entre ces parties ainsi fendues (*pl. VIII*).

Les granits et porphyres de nos terreins primitifs sont fendillés de tout côté. A peine y rencontre-t-on des masses d'une certaine étendue qui ne le soient pas. Néanmoins on peut soupçonner, d'après les immenses obélisques et colonnes qu'on a retirés dans la haute Egypte, que les granits de ces contrées y ont moins de scissures.

Des fentes et des cavernes des terreins secondaires.

§. 1211. DANS les terreins secondaires, les masses sont par couches et par bancs. Elles sont ordinairement séparées par d'autres couches peu épaisses et entièrement terreuses, qui se trouvent entre chaque grand banc. Ces petites couches sont communément d'argile ou de marne argileuse. Ce ne seroit qu'assez improprement qu'on pourroit appeler *fente* cette séparation des

bancs, excepté lorsque, par quelques circonstances locales, les couches sont devenues verticales, ou à-peu-près verticales.

Ces couches, dont l'étendue se prolonge souvent à une demi-lieue, à une lieue, et même davantage, ne sont pas d'une seule pièce; elles sont brisées en différens endroits par des *scissures*, comme les pierres des terreins primitifs. Lorsque cette séparation ne laissera point d'intervalle entre ses deux bords, on ne pourra pas l'appeler *fente*; ce ne sera qu'une scissure.

Mais il y a souvent intervalle et espace vides entre les bords de la scissure; et c'est pour lors une vraie fente, qui peut être plus ou moins large.

Ces fentes sont très-communes dans les terreins secondaires; il en est même peu où on n'en observe.

§. 1212. Mais il paroît que, lors de la formation de ces couches, cet espace, vide aujourd'hui, n'existoit pas, et devoit être rempli.

Souvent il l'étoit par des parties terreuses et non pétrifiées. On observe journellement dans les bancs de pierre, aux endroits de la scissure, des portions qui ne sont, pour ainsi dire, qu'à l'état terreux, et n'ont pas de solidité. Ces terres auront donc pu être déplacées par une cause quelconque, et donner naissance à ces fentes.

D'autres fois plusieurs couches se sont brisées au même moment, ce qui a produit des fentes verticales, ou presque verticales, plus ou moins étendues, suivant le nombre des couches fracturées. On voit de ces fentes dans toutes les montagnes calcaires qui sont ouvertes.

Ces fractures ne se correspondent pas toujours parfaitement; en sorte que les fentes sont interrompues : et au lieu d'être verticales, elles sont en zig-zag. C'est ce qu'on peut observer facilement dans toutes les hautes montagnes calcaires coupées verticalement. Mais chaque partie séparée de la fente est toujours à-peu-près verticale. (*Fig. II, pl. V.*)

§. 1213. La même chose s'observe dans les montagnes gypseuses ; les couches en sont également brisées, et les fentes s'étendent plus ou moins profondément, en suivant verticalement plusieurs couches.

Les carrières de Montmartre présentent même un phénomène assez curieux dans ces fractures; elles forment des colonnes prismatiques verticales qui ont plusieurs angles irréguliers, et rapprochent plus ou moins des prismes de basaltes: mais il s'y trouve aussi des fentes plus considérables qui sont verticales, et ont une assez grande étendue. Il a coulé dans plusieurs de ces fentes

un albâtre calcaire jaunâtre, qui est susceptible d'un assez beau poli.

§. 1214. On peut assigner deux causes principales aux fractures ou fentes des terreins secondaires.

Ces pierres sont la plupart assez poreuses pour retenir une assez grande quantité d'eau qui les pénètre intimement, et en tient les parties distendues. Lorsqu'après la retraite des eaux des mers, ces couches se sont trouvées hors de leur sein, cette eau dont nous parlons s'est à-peu-près dissipée; la pierre s'est desséchée et s'est fendue, comme le fait une masse d'argile qu'on fait dessécher.

§. 1215. La seconde cause de ces fentes ou fractures dépend de petites couches terreuses non pétrifiées qui séparent les grands bancs. Cette partie terreuse, qui est ordinairement argileuse ou marneuse, étoit encore plus gonflée par l'eau que la partie pierreuse; elle a donc éprouvé une retraite plus considérable, lorsque ces terreins sont sortis du sein des eaux, et a produit un plus grand effet.

§. 1216. Mais indépendamment de cette retraite, ces petites couches terreuses sont souvent

délayées par les eaux pluviales qui s'insinuent entre ces couches pour aller former les fontaines. Ces eaux emportent une partie de cette terre; les bancs supérieurs manquant d'une assiette fixe, s'affaissent et se brisent. Cet effet sera sur-tout sensible le long des vallées où se rendent les eaux des fontaines et des sources. *Werner* rapporte qu'en 1767, année très-pluvieuse, il se forma près de Hanichen en Saxe, une de ces fentes. Deux cas semblables ont eu lieu en Lusace, ajoute-t-il, il n'y a pas long-temps.

Les fentes qui se font dans les glaciers confirment ce que nous venons de dire. Ces glaciers sont formés de neiges, qui tombent pendant l'hiver; elles s'amoncèlent, se tassent, et forment une glace très-solide Mais la partie qui touche la surface de la terre fond continuellement par l'effet de la chaleur centrale. Elle fournit des courans d'eau qui coulent sous ces glaces. Il se fait des vides; les glaces supérieures manquant d'appui, se brisent avec fracas, et forment ces fentes si communes dans les glaciers, et si dangereuses pour les voyageurs.

§. 1217. Lorsque par un renversement de montagnes, les couches de ces terreins secondaires deviendront verticales, ou à-peu-près verticales, et que les eaux courantes entraîneront

la petite couche terreuse, qui est entre chaque banc, il se formera une suite verticale, ou presque verticale.

§. 1218. DES tremblemens de terre violens, en ébranlant toute une contrée, brisent les couches dont elle est composée, et y produisent des fentes.

Les schistes argileux et les charbons présentent aussi souvent des fentes. Elles sont produites par les mêmes causes que dans les terreins calcaires et gypseux.

§. 1219. LES fentes dans les terreins calcaires argileux et gypseux paroissent s'étendre à des distances immenses; car les tremblemens de terre sont produits, comme nous le verrons, par des fluides aériformes, qui, en se dégageant, s'introduisent dans ces fentes. Or ces tremblemens de terre se font ressentir quelquefois à plus de cent lieues de distance. Celui de Lisbonne, en 1755, paroît même s'être étendu jusqu'à l'extrémité de l'Europe, et dans une partie de l'Afrique; les terreins primitifs et secondaires furent également ébranlés.

§. 1220. TOUT ce que nous venons de dire des fentes doit s'appliquer aux cavernes; car, quelque difficulté que présente leur origine, on ne sauroit

les révoquer en doute. On en connoît un très-grand nombre qui ont été visitées par des observateurs exacts; elles sont dans les terreins calcaires secondaires, quelquefois dans le gypse.

Une des plus célèbres est celle de Paros, qui a été bien décrite par *Tournefort*. Elle est d'une vaste étendue, composée de plusieurs chambres.

L'intérieur de toutes ces cavernes ou grottes est tapissé de belles stalactites, qui pendent au haut des voûtes. Quelquefois le suc pierreux tombe du haut de la grotte sur son fond, et y forme des stalagmites; plusieurs de ces cavernes ont dû même être comblées par ces stalactites ou stalagmites.

Il est peu de contrées où on ne trouve de ces grottes; il y en a plusieurs en France dont nous avons des descriptions exactes. Une des plus singulières est celle d'Arcy près Vermanton, auprès d'Auxerre. Elle est dans des couches de pierres calcaires; sa longueur est de deux cent quarante-sept toises; elle est compcsée de plusieurs chambres ou salles remplies de stalactites et de stalagmites; quelques-unes de ces salles contiennent de l'eau. Mais ce qui est assez étonnant, c'est qu'en plusieurs endroits de la grotte, on voit entre les lits du rocher une couche de deux pieds d'épaisseur d'un gros gravier mêlé de beaucoup de mica et de granit. Ce gravier y a été apporté vraisem-

blablement par la petite rivière de la Cure qui passe auprès de cette grotte, et qui vient des montagnes granitiques situées du côté de Château-Chinon.... (1).

La caverne de la Balme, auprès de Cluse en Savoie, a plus de seize cents pieds de longueur. On y rencontre au milieu une espèce d'ouverture qu'on appelle *puits*, et qui est très-profonde, autant que j'en ai pu juger par les pierres que j'y ai jetées.

L'eau coule dans cette caverne le long de ses parois, et y forme des stalactites.

§. 1221. Les grottes ou cavernes sont plus rares dans les gypses que dans les pierres calcaires. Cependant on y en trouve. *Pallas* en a vu plusieurs dans son voyage de Sibérie. La première dont il parle est située près de la Piana, dans une roche gypseuse. Elle a plus de cent vingt pieds de longueur, sur une largeur et une hauteur qui varient continuellement. Il y a un courant d'eau.

Il a vu une seconde caverne dans le gypse, auprès d'Inderskaïa.

De troisièmes cavernes dans des pierres gypseuses sont auprès de Kitschiginskof.

---

(1) Description de la grotte d'Arcy, par *Pazumot*. (*Mém. de l'Acad. de Dijon, ann. 1784.*)

§. 1222. Il y a aussi des cavernes dans les schistes solides, tels que des schistes qui contiennent beaucoup de calcaire. *Pallas* a vu une caverne assez étendue dans des schistes calcaires à Kissoetach.

§. 1223. Les causes qui ont produit ces cavernes sont faciles à concevoir. Leur formation est postérieure à celle de la montagne; car des couches supposent toujours un lit, une assiette fixe, sur laquelle elles reposent; et comme toutes les montagnes où sont ces grottes sont par couches, il s'ensuit que les grottes n'existoient pas dans le temps que les couches se sont déposées.

Mais à la place de ces grottes, les couches n'avoient point de solidité; elles étoient ou terreuses, ou de pierres tendres. Les eaux qu'on rencontre dans toutes ces cavernes ont délayé ces terres, ces pierres, et les ont entraînées dans leur cours. C'est ainsi que s'est formée la grotte, laquelle s'est ensuite agrandie par la même action continue des eaux. Les parties granitiques qu'on trouve dans celle d'Arcy ne laissent pas de doute à cet égard. Il faut qu'elles y aient été apportées par des courans d'eaux extérieures, celles de la rivière de Cure.

Dans les grottes d'Orselle en Franche-Comté, les bancs des rochers qui lui servent de parois sont creusés et rongés comme ceux des bords d'un

fleuve, ce qui indique bien qu'il y a eu des courans.

Nous verrons plusieurs rivières, plusieurs fleuves se perdre dans l'intérieur de la terre pendant un espace plus ou moins long. Sans doute leurs eaux traversent de pareilles grottes souterraines.

Quelquefois il arrive que la cause qui a formé les grottes les détruit. Les eaux minant les parties qui soutiennent le toit de la grotte, il s'affaisse et la comble en plus ou moins grande partie.

§. 1224. Les grottes se comblent encore journellement par une autre cause. Nous avons dit que dans la plupart les eaux courantes y forment des stalactites et des stalagmites. Ces concrétions pierreuses peuvent s'augmenter au point de remplir la grotte plus ou moins complétement. Il est même peu de grottes dans lesquelles ces concrétions n'aient fermé quelques galeries.

Des fentes et des cavernes volcaniques.

§. 1225. Il y a un autre ordre de fentes et de cavernes; ce sont celles qui existent sous les montagnes volcaniques.

Quand on considère que l'Etna brûle depuis plus de trois mille ans; qu'il a vomi une si grande quantité de laves; que son cratère se trouve élevé

de seize cent quatre-vingts toises au-dessus du niveau de la mer (il est vrai qu'il faut supposer que la montagne où il s'est formé avoit déjà une certaine hauteur); que le contour de la montagne est de plus de trente-trois lieues, et qu'une grande partie de la Sicile est couverte de laves, de ponces et autres matières qui ont été vomies par ce volcan principal et ses collatéraux, on conçoit facilement qu'il doit y avoir sous cette masse des cavités immenses.

Toutes les îles Lipari paroissent des produits des volcans éteints ou en activité, qui communiquent peut-être avec l'Etna.

Le Vésuve fournit une preuve directe de ces excavations; car en 1631, dans une grande éruption, la mer de la baie de Naples communiqua dans ces cavernes en si grande quantité, que la baie fut presque à sec. Mais bientôt le volcan revomit ces eaux toutes bouillantes.

De semblables cavernes doivent se retrouver sous tous les volcans, soit en activité, soit éteints. Quelles cavernes immenses ne doivent pas exister sous Chimborâco, sous Pitchinca, sous Cotopaxi, sous l'Hécla, sous l'Avatcha? ...

Nous voyons un grand nombre de contrées où ont été autrefois des volcans très-considérables; il doit donc s'y rencontrer des cavernes proportionnées à ces feux qui y ont existé.

Les volcans soumarins sont en très-grand nombre, soit ceux qui sont en activité, soit ceux qui sont éteints. Plusieurs ont vomi des îles plus ou moins considérables; ils doivent donc renfermer des cavités immenses.

Enfin il existe des feux souterrains que nous ne connoissons pas, parce qu'ils ne s'annoncent point par des explosions, comme ceux des volcans. Ces feux consument, et par conséquent excavent des cavernes.

§. 1226. Dans l'énumération que nous venons de faire des fentes et des cavernes qui se trouvent dans différentes parties du globe, nous n'en avons point trouvé dans les terreins primitifs; car on ne peut guère appeler cavernes les *fours à cristaux*, lesquels ne sont ordinairement que de petites cavités où s'opèrent les cristallisations du quartz. Ces cavités ont en général peu d'étendue, et sont même le plus souvent en partie remplies de stéatite blanchâtre ou verte, d'argile.... qui s'attachent aux cristaux de quartz, ou les pénètrent. Il est cependant quelques-unes de ces cavités qui pourroient porter le nom de *cavernes;* elles ont dix, douze, quinze pieds dans certains sens.

§. 1227. Ces cavités sont produites par une cause différente de celle des terreins secondaires

et volcaniques. Les terreins primitifs sont formés de cristaux qui se sont grouppés ; or nous savons que les cristaux qui se grouppent laissent souvent des interstices entre eux, et on reconnoît, en examinant les fours à cristaux, que c'est de cette manière qu'ils ont été formés. On y apperçoit des masses cristallisées qui avancent, d'autres qui se retirent, comme dans les groupes de cristaux.

On conçoit qu'il a pu y avoir de très-grandes cavités formées de cette manière ; car, dans des cristallisations de masses aussi immenses que celles qui forment le globe, il a dû se former des cavités d'un ordre bien différent de celles des fours à cristaux. Lors de la cristallisation générale du globe, toute la masse n'a pas cristallisé dans le même moment : suivons-en les différens temps.

Il s'est d'abord formé, comme dans toute cristallisation, des masses cristallines, ou au fond du liquide, ou dans son milieu ; mais toutes ont gagné le centre du globe par la loi de gravité. Nous avons vu (§. 844) qu'il paroît que le centre du globe a plus de densité que sa surface, et il paroît que ce sont sur-tout des parties ferrugineuses qui se sont arrangées le long de son axe (§. 726). Ces masses ont dû se comporter comme toutes les cristallisations régulières, c'est-à-dire, laisser des espaces vides entre elles. Ces espaces auront été plus ou moins

considérables et très-irréguliers, comme nos *fours à cristaux.*

Ils prendront le nom de *fentes*, s'ils sont étroits et alongés.

Autrement, ils conserveront le nom de *cavernes.*

Les cristaux se croisant en toutes sortes de directions, auront pu fermer quelques-unes de ces cavités ; mais ils laisseront une issue au plus grand nombre.

Quelques-unes de ces masses de cristaux pourront culbuter les unes sur les autres ; quelques autres s'accrocheront par les parties les plus saillantes ; mais de nouvelles masses venant surcharger celles-ci, le tout tombera et se précipitera. Dans ces chûtes il se formera de nouveaux vides, de nouvelles fentes, de nouvelles cavernes. Les tremblemens de terre qui se propagent à de grandes distances dans les terreins primitifs, prouvent l'existence de ces fentes, de ces cavernes...

§. 1228. JUSQU'ICI nous ne nous sommes point écartés des analogies ; mais il est plus difficile de les suivre pour les événemens postérieurs. Il s'agit de rechercher qu'est-ce qu'il y aura dans ces vides, dans ces fentes, dans ces cavernes.

Il paroîtroit d'abord que cette cristallisation

s'opérant dans les eaux, les vides qui existeroient entre les masses cristallisées, devroient être remplis par ces eaux, comme cela se pratique dans les vases où s'opèrent nos cristallisations. Ces cavités ne pourroient se vider qu'à mesure que les eaux des mers se retirant de dessus la surface de la terre, mettroient au-dessus de leur niveau ces cavernes, comme le sont aujourd'hui toutes les grottes que nous connoissons.

Je crois néanmoins que cela n'a pas lieu, et voici les analogies sur lesquelles je me fonde.

§. 1229. Je suppose que dans ces premiers momens il y avoit un grand degré de chaleur à l'intérieur du globe. Plusieurs fluides aériformes auront pu être réduits en vapeurs, et aller remplir celles de ces cavernes et de ces fentes qui n'avoient point d'issue à leurs parties supérieures. Mais nous reviendrons ailleurs à cette question; il nous suffit ici de prouver qu'il a pu se former dans l'intérieur du globe des fentes et des cavernes, quel que soit le fluide qui les remplisse.

Des fentes et des cavernes produites par le refroidissement du globe.

§. 1230. La chaleur primitive qu'a le globe diminué journellement (§. 776). Cette diminution produira des fentes et des cavernes considé-

rables ; car tous les corps sont dilatés par la chaleur. Des pierres, des substances métalliques, très-échauffées, fondues ou non fondues, éprouveront une dilatation quelconque ; le refroidissement leur causera une retraite qui les fera fendre. Les matières volcaniques se fendent en se refroidissant ; ce qui contribue vraisemblablement à la forme prismatique de celles qu'on appelle *basaltes*.

Les parties intérieures du globe, celles qui sont vers son centre, conserveront très-long-temps leur chaleur ; tandis que celles qui sont à sa surface et à une petite distance de cette surface, perdront continuellement de la leur. C'est ce qui produit le refroidissement continuel du globe, qu'on ne sauroit révoquer en doute.

Ces couches extérieures éprouveront donc une retraite proportionnée à ce refroidissement, tandis que les couches intérieures n'en éprouveront aucune, ou presque aucune. Il se formera donc dans ces couches extérieures des fentes, des cavernes, qui s'étendront à de grandes distances, et parcourront toute la surface du globe : car sur une sphère de 2865 lieues de diamètre, on sent que le plus léger refroidissement à sa surface, tandis que son centre conserve sa chaleur primitive, doit produire des gerçures, des fentes, des cavernes considérables.

Si la retraite se porte principalement sur une partie, la fente formera un grand écartement, une vallée plus ou moins étendue, plus ou moins profonde. Or c'est ce qui arrive le plus souvent dans les corps que nous pouvons observer.

Les *Ludus Helmontii* nous en donnent une idée. Ces masses se fendent et se gercent en grandes portions. Des masses d'argile humectée se fendent également en grands morceaux en se desséchant.

Des portions de verre qui se fendent également en se refroidissant, se divisent en grandes masses, et cette division se fait subitement.

On peut supposer que les basaltes se sont divisés en grandes masses par la même cause.

§. 1231. La même chose aura donc pu avoir lieu à la surface de la terre. Le refroidissement l'aura fait diviser en des portions plus ou moins étendues, et aura donné ainsi naissance à des grands écartemens, à des grandes vallées. Ces fentes pourront s'étendre à des profondeurs considérables.

Il se peut que plusieurs de ces grands écartemens servent aujourd'hui de bassins à des lacs, à des mers méditerranées, même à de grandes mers qui s'y seront précipitées, et auront produit ainsi un abaissement dans le niveau des eaux. Ils

uront donc pu servir à dessiner quelques-uns des ontinens et quelques îles.

Ces écartemens et ces fentes auront pu s'opé- er quelquefois subitement, comme nous avons u que cela a lieu pour de grosses masses de verre, ui, se refroidissant sans avoir été recuites, se endent subitement en toutes sortes de direc- ions, et ces fentes pénètrent jusqu'au centre de a masse.

Mais le plus souvent la retraite se fera peu à peu et par gradation. Elle suivra les mêmes proportions que le refroidissement du globe.

Nous avons vu que les tremblemens de terre indiquent des fentes qui s'étendent à de très-grandes distances ; quelquefois jusqu'à plusieurs centaines de lieues, et dans les terreins secondaires, et dans les terreins primitifs : ces écartemens auront pu être produits en partie par cette cause.

DE L'AFFAISSEMENT ET RENVERSEMENT DES MONTAGNES.

§. 1232. Des montagnes affaissées et renversées effraient d'abord l'imagination. Cependant les faits que nous venons de rapporter font connoître facilement la cause d'aussi grands phénomènes, dont d'ailleurs l'histoire et les observations ne permettent pas de douter. Nous allons parler de chacun de ces phénomènes en particulier.

Des montagnes affaissées.

§. 1233. Lorsqu'on considère avec attention les terreins secondaires, on apperçoit que la plupart de leurs couches sont brisées. Plusieurs sont affaissées d'une quantité plus ou moins considérable, relativement à celles qui leur sont contiguës. On reconnoît facilement que c'est un véritable affaissement, parce que les couches contiguës sont de la même nature que celles qui sont affaissées. On voit dans ces masses les différens bancs qui étoient parallèles, et qui se retrouvent actuellement à des hauteurs différentes (*Pl. V, fig. III*). La cause de ce phénomène paroît assez bien connue.

Entre la plupart des bancs de pierre, il se trouve des couches d'argile ou de marne qui ne *sont point* pétrifiées. Ces couches étoient gonflées par l'humidité. Lorsque ces terreins sont sortis du sein des eaux, ces petites couches terreuses se sont desséchées. Elles ont donc éprouvé une retraite quelconque.

Dès-lors les couches supérieures subiront un petit affaissement proportionnel à cette retraite. Mais cet affaissement sera inégal, parce que la retraite elle-même le sera. Toutes ces couches se fendilleront et présenteront des lits plus ou moins inclinés en lignes courbes.

C'est ce que l'on observe dans les couches des petites collines éparses dans les plaines, sur-tout dans celles qui sont le long des vallées. Les eaux souterraines qui coulent entre ces couches pour se rendre dans la vallée, charrient des parties de ces couches terreuses non pétrifiées, les emportent, et ôtent par conséquent les supports des couches supérieures.

Des montagnes renversées.

§. 1234. Les observateurs font mention d'un grand nombre de montagnes qui ont été culbutées et renversées. Nous allons en citer quelques-unes.

L'*Histoire de l'Académie des Sciences de Paris, année 1715*, rapporte la chûte d'une pareille montagne dans les termes suivans :

« Au mois de juin 1714, une partie de la mon-» tagne de Diableret en Valais tomba subitement » et tout-à-la-fois, entre deux et trois heures après » midi, le ciel étant fort serein. Elle étoit de figure » conique. Elle renversa cinquante-cinq cabanes » de paysans, écrasa quinze personnes et plus de » cent bœufs et vaches, et beaucoup plus de menu » bétail, et couvrit de ses débris une bonne lieue » quarrée. Il y eut une profonde obscurité causée » par la poussière. Les tas de pierres amassées au

»bas sont hauts de plus de trente perches, qui »sont apparemment des perches du Rhin, de »dix pieds. Ces amas ont arrêté des eaux, qui »forment de nouveaux lacs fort profonds. Il n'y »a dans tout cela nul vestige de matière bitumi»neuse, ni de soufre, ni de chaux cuite, ni par »conséquent de feu souterrain. Apparemment la »base de ce grand rocher s'étoit pourrie d'elle»même et réduite en poussière».

En 1618, la ville de Pleurs en Valteline fut enterrée sous les rochers au pied desquels elle étoit située.

En 1678, il y eut une grande inondation en Gascogne, causée par l'affaissement de quelques parties de montagnes dans les Pyrénées, qui firent sortir les eaux qui étoient contenues dans les cavités souterraines de ces montagnes.

En 1680, il en arriva encore une plus grande en Irlande. Elle avoit aussi pour cause l'affaissement d'une montagne dans des cavernes remplies d'eau.

En 1751, au mois de juillet, il y eut une montagne qui s'écroula dans la Savoie, du côté de Sallenche. *Donati* a été témoin d'une partie de cet écroulement, et l'a décrit en naturaliste. «Une grande partie de la montagne, dit-il, située »au-dessous de celle qui s'écrouloit, étoit com»posée de terres et de pierres, non pas disposées

»en carrières ou par lits, mais confusément en-
»tassées. Je reconnus par-là qu'il s'étoit déjà fait
»dans la même montagne de semblables éboule-
»mens, à la suite desquels le grand rocher qui est
»tombé cette année étoit demeuré sans appui et
»avec un surplomb considérable. Ce rocher étoit
»composé de bancs horizontaux, dont les deux
»plus bas étoient d'une ardoise ou pierre feuille-
»tée fragile et de peu de consistance. Les deux
»bancs au-dessus de ceux-ci étoient remplis d'un
»marbre semblable à celui de *Porto-Venere*,
»mais remplis de fentes tranversales à ses couches.
»Le cinquième banc étoit tout composé d'ardoise
»à feuillets verticaux entièrement désunis; et ce
»banc formoit tout le plan supérieur de la mon-
»tagne tombée. Sur le même plan, il se trouvoit
»alors trois lacs, dont les eaux pénétroient conti-
»nuellement par les fentes des couches, les sépa-
»roient, et décomposoient leurs supports. La neige
»qui cette année étoit tombée en Savoie en si
»grande abondance que de mémoire d'homme
»on n'en avoit vu autant, ayant augmenté l'ef-
»fort, toutes ces eaux réunies produisirent la
»chûte de trois millions de toises cubes de rochers,
»volume qui seul suffiroit pour former une grande
»montagne».

La chûte de cette montagne fut accompagnée d'une fumée considérable, formée par la pous-

sière des pierres qui, en tombant, se réduisoient en poudre impalpable. Cette poussière fut portée à plus de cinq lieues de distance : le fracas de toute cette masse se heurtant produisit un bruit semblable à celui du tonnerre, ou d'une grande batterie de canon, mais beaucoup plus fort.

§. 1235. TOUTES ces montagnes qui ont été renversées indiquent elles-mêmes la cause de pareils phénomènes ; elles contenoient des cavernes plus ou moins spacieuses. Les eaux courantes, telles que celles qui fournissent la fontaine de Vaucluse, la Loire.... ont miné les portions de terreins qui soutenoient les cavernes ; elles se sont renversées, et ont entraîné avec elles les couches supérieures.

§. 1236. UNE autre cause très-puissante et très-active produira encore de ces renversemens de montagnes. Nous avons vu que sous les volcans il doit y avoir des cavernes immenses. Lors des tremblemens de terre et des éruptions volcaniques, soit sur les continens, soit dans le sein des eaux, quelques-unes de ces cavernes pourront donc être culbutées, et c'est ce qui arrive assez souvent ; car il n'y a pas de tremblemens de terre un peu violens qui ne renversent quelques montagnes sur les continens. La même chose doit avoir lieu dans les mers.

Mais ces tremblemens de terre se propagent au loin et à une grande distance de leurs foyers; ils pourront donc renverser des montagnes sous lesquelles il y auroit des cavernes autres que les volcaniques, culbuter les couches, les incliner... Aussi est-ce dans les contrées proches des volcans, qui par conséquent ont été tourmentées par les commotions souterraines, qu'on trouve le plus grand nombre de ces couches inclinées et culbutées.

§. 1237. Mais indépendamment de ces montagnes renversées dont l'histoire nous a conservé la tradition, il en est beaucoup d'autres que nous ne saurions douter avoir été culbutées et renversées. Quand on voyage dans les hautes montagnes, comme dans les Alpes, dans le Jura, dans les Pyrénées... on en voit des preuves à chaque pas.

De Pontarlier à Neufchâtel, on observe en plusieurs endroits des masses plus ou moins considérables dont les lits ou bancs sont affaissés en partie. *La figure 3 de la planche V* représente une de ces montagnes : on voit la bande du milieu s'être affaissée beaucoup plus que les deux autres, dont l'une l'est cependant encore moins que l'autre. On reconnoît facilement les différentes couches dans chacune de ces trois masses; elles y sont différemment ombrées.

Il y a sur la même route, auprès de Saint-Sulpice, un endroit où de grands bancs calcaires de plusieurs centaines de pieds de longueur sont presque verticaux; ils ne sauroient avoir été formés dans cette position : c'est donc une chûte de la montagne qui la leur a donnée. L'inspection des lieux ne laisse aucun doute à cet égard.

Je ne rapporterai pas ici un plus grand nombre de ces observations. Il n'est pas d'observateur qui, en voyageant, n'ait été dans le cas d'en reconnoître la vérité à chaque pas. Nous en verrons dans le cours de cet ouvrage plusieurs exemples.

§. 1238. On doit sur-tout distinguer à cet égard les pays très-montueux d'avec les plaines et les côteaux.

Dans les hautes montagnes, les affaissemens ont été très-considérables. Plusieurs montagnes, qui renfermoient des cavernes, ont été renversées.

Dans les plaines ou les petits côteaux, il y a peu de cavernes; on apperçoit seulement des fentes prolongées. Les eaux courantes entraînent les parties terreuses qui se trouvent entre les bancs de pierres; ce qui produit de légers affaissemens.

DE L'ORIGINE DES FONTAINES.

§. 1239. Les fontaines naissent toujours des flancs des montagnes, et coulent dans leurs gorges. Les montagnes, les collines, les côteaux, condensent les vapeurs. Les brouillards s'arrêtent sur leurs sommets, les nuages humectent leurs surfaces, les pluies les pénètrent.... Toutes ces causes fournissent les eaux, d'où naissent les fontaines.

On rapporte que la masse de terre employée pour élever un bastion considérable, fut suffisante pour condenser les vapeurs, et fournir au pied du bastion une fontaine qui ne tarissoit point.

La nature des terres influe beaucoup sur les fontaines que peut fournir un espace de terrein. Cela dépend de leur affinité avec l'eau.

Les terres calcaires ont peu d'affinité avec elle, ne la retiennent point.

La terre quartzeuse, ou plutôt le sablon quartzeux, n'a aucune affinité avec l'eau, et ne peut l'empêcher de s'échapper.

Il n'en est pas de même de la terre argileuse. L'eau la pénètre, la gonfle, a une grande affinité avec elle, et ne peut passer au travers. Il n'est pas nécessaire que l'argile soit pure pour produire ces effets : de l'argile mêlée de sable ou de terre

calcaire, ou d'*humus*, ou d'oxide de fer.... en supposant qu'elle y soit en une certaine quantité, est également propre à retenir l'eau.

Ces principes établis, faisons-en l'application.

§. 1240. Si un terrein est humecté, soit par les eaux de pluie, soit par les nuages, les brouillards..... une partie de l'eau coulera à sa surface. Si elle ne peut pénétrer le terrein, elle en suivra les pentes, et se rendra immédiatement dans les ruisseaux, les rivières, les fleuves, les lacs, ou les mers.

Une autre portion de cette eau pénétrera les terres, et les imbibera.

De cette seconde portion, une certaine quantité sera emportée aussi-tôt par l'évaporation, et ira former de nouveaux nuages.

Une autre quantité fournira à la végétation.

Enfin la troisième partie demeurera dans cette terre, suivant qu'elle aura plus ou moins d'affinité avec elle. Sera-ce un sablon quartzeux ? elle passera rapidement : elle s'arrêtera un peu plus dans une terre crétacée. Mais dans une argile ou une marne, elle y séjournera long-temps.

Cette eau abandonnera donc plus ou moins promptement les terres ; et suivant les pentes du local, elle se rendra dans les endroits les plus bas.

C'est une suite naturelle des loix de l'hydrostatique.

L'eau trouve-t-elle un obstacle imperméable ? elle s'y arrêtera. Si cet obstacle forme un enfoncement, un bassin, elle formera un lac souterrain (*fig.* 2, *pl. V*). Elle s'élevera dans ce bassin jusqu'à ce qu'elle rencontre une issue pour s'échapper en suivant les pentes.

Si le terrein qui arrêtera cette eau ne forme point de bassin, mais un plan incliné, elle suivra ce plan.

Dans l'un et l'autre cas cette eau ira former des fontaines aux lieux où se terminera ce plan.

§. 1241. DES pierres dures et continues sans fentes produiront le même effet que des couches d'argile.

Dans les montagnes granitiques, et primitives, les pierres sont dures, imperméables à l'eau, et n'ont presque aucune fente. Dès que les eaux, après avoir traversé les terres supérieures, arriveront à ces pierres, elles y trouveront un obstacle insurmontable, et couleront sur ces plans inclinés, qui aboutissent par-tout à la surface. Elles y viendront former des fontaines. C'est pourquoi, dans les terreins primitifs, les fontaines sont très-multipliées ; mais elles ne fournissent qu'un petit volume d'eau.

§. 1242. Les choses se passent autrement dans les terreins secondaires (*pl. V, fig. 2*). Les bancs de pierres y sont fendus de tout côté. Ils ne pourront donc arrêter les eaux qui se précipiteront dans ces fentes, couleront entre ces bancs à des distances plus ou moins considérables. D'ailleurs les pentes sont en général moins rapides dans ces espèces de terreins; les eaux y couleront donc avec moins de vîtesse.... Toutes ces causes réunies y rendront les fontaines plus rares.

Mais d'un autre côté la terre y est le plus souvent marneuse ou argileuse. Les eaux, par leur affinité avec ces terres, y seront retenues plus long-temps.

Ces mêmes couches marneuses ou argileuses, lorsqu'elles seront continues, formeront un obstacle imperméable à l'eau; elles seront contenues comme dans un réservoir, et ne s'échapperont que lorsqu'elles trouveront des fentes dans ces couches. Nous avons vu qu'on rencontre très-souvent de pareilles couches marneuses ou argileuses entre les différens bancs de ces pierres.

Lorsque ces couches argileuses ont une pente qui les conduit à la surface de la terre, les eaux qui couleront dessus ces couches viendront former une fontaine au lieu le plus bas de la couche.

Ces couches d'argile n'ont-elles point d'issue à la surface de la terre, mais au-dessous de cette

surface ? les eaux, suivant toujours la pente, formeront des courans souterrains.

Ces courans souterrains sortiront enfin en grande masse à la surface de la terre, au bas des grandes montagnes ; tels sont ceux qui forment les sources de la Loire, la fontaine de Vaucluse... lesquels sont très-considérables.

§. 1243. Il est possible que ces courans souterrains aillent jusques dans le sein des mers, pour y produire ces sources d'eaux douces qu'on y rencontre ; et il n'est point douteux qu'un grand nombre de courans souterrains s'y rendent.

§. 1244. Quelques bancs de ces pierres des terreins secondaires seront assez continus sans fentes, pour que les eaux puissent couler dessus sans se perdre.

Ces couches imperméables à l'eau pourront quelquefois faire un enfoncement, et former une espèce de vase, dont les côtés sont également imperméables. Les eaux qui s'y rendent, y sont retenues comme dans un canal, et s'y élèvent jusqu'à ce qu'elles trouvent une issue. C'est à cette cause qu'on doit attribuer ces réservoirs souterrains qu'on y rencontre quelquefois.

§. 1245. D'autres fois il se trouve comme un

double canal l'un dans l'autre. Les eaux qui coulent entre deux y sont contenues comme dans un syphon. C'est ce qui se présente en plusieurs endroits.

Shaw, dans son voyage en Barbarie, rapporte que dans des plaines immenses qui se trouvent dans le royaume d'Alger, éloignées de toute montagne, on se procure de l'eau par un procédé fort dispendieux.

« Les villages de Wad-Reag, dans le royaume » d'Alger, sont fournis d'eau d'une manière singu» lière, dit-il : on creuse des puits à cent, deux » cents brasses de profondeur, et on ne manque » jamais d'y trouver de l'eau en abondance. Les » habitans lèvent, pour cet effet, diverses couches » de sable et de gravier, jusqu'à ce qu'ils trouvent » une espèce de pierre qui ressemble à de l'ar» doise, que l'on sait être précisément au-dessus » de ce qu'ils appellent *bahar-taht-el-red*, ou » la mer au-dessus de la terre. Cette pierre se » perce aisément, et l'eau sort en quantité si sou» daine et en si grande abondance, que ceux qu'on » fait descendre pour cette opération en sont quel» quefois surpris et suffoqués, quoiqu'on les re» tire aussi promptement qu'il est possible ». (*T. I, page 169.*)

Dans les environs d'Aire en Artois, on creuse des puits jusqu'à ce qu'on rencontre une couche

argileuse. On construit sur cette couche la maçonnerie du puits, et on l'élève en pratiquant au haut un canal d'écoulement. Un ouvrier intelligent descend pour lors au fond du puits, perce avec une tarrière ce fond argileux : l'eau sort à gros bouillons, s'élève jusqu'au canal de dégorgement, et fait une source qui coule continuellement.

A Saint-Venant, dans le même canton, il y a une source qui jaillit à six pieds de hauteur, et vient d'environ deux cents pieds de profondeur. On faisoit un trou de sonde; en retirant la sonde, l'eau jaillit, et n'a pas cessé de couler depuis plus de cinquante ans, quoiqu'il n'y ait point d'ouvrage de maçonnerie. Ce sont des faits que je tiens de *Laumont*.

La même chose a lieu auprès de Modène, suivant *Ramazzini*. On creuse les puits jusqu'à la profondeur de soixante-trois pieds; on perce pour lors, avec une tarrière, une couche d'argile de cinq pieds d'épaisseur. Aussi-tôt l'eau jaillit avec force, le puits se remplit presque jusqu'au sommet, et l'eau coule continuellement.

§. 1246. On ne peut expliquer ces phénomènes qu'en supposant une double couche argileuse, séparée par des terreins intermédiaires. C'est dans ces terreins où l'eau des pluies se

ramasse, et se trouve contenue par la double couche argileuse, comme dans un syphon. (*fig. 1, pl. V.*)

Cette double couche argileuse se rencontre rarement. Mais pour les puits ordinaires, il faut que le fond repose sur une masse argileuse, ou sur des bancs de pierre imperméable à l'eau, et d'une certaine épaisseur. On creuse dans ces couches épaisses; les eaux qui coulent sur ces couches se rendent dans ce creux, s'y amoncèlent, et s'y élèvent jusqu'à ce qu'elles rencontrent des endroits perméables, à travers lesquels elles s'échappent. On trouve très-rarement de grands réservoirs intérieurs où l'eau s'arrête, lorsqu'on suit des sources; et cependant on a suivi ces eaux de source à de grandes profondeurs dans les montagnes et dans les mines.

A Bex, en Suisse, par exemple, on a *suivi les* sources d'eaux salées à plus d'une lieue dans la montagne, sans rencontrer de réservoirs.

La plupart des sources sont donc entretenues par des terres humectées, soit par les rosées et les brouillards, soit par les pluies. Ces terres retiennent l'eau avec plus ou moins de force, suivant leurs différens degrés d'affinité avec elle. Mais enfin les eaux les abandonnent, suivent les pentes; et lorsqu'elles trouvent des obstacles imperméables qui aboutissent à la surface

de la terre, elles y viennent former des fontaines.

§. 1247. Il n'est donc plus douteux que les eaux des fontaines ne soient fournies par les nuages élevés des terres et des mers, et arrêtés sur les hautes montagnes, par les neiges et par les eaux pluviales. Nous en avons un exemple célèbre dans les crues du Nil : des vents du nord, appelés *étésiens* par les anciens, chassent les nuages élevés de la Méditerranée vers les hautes montagnes de l'Abyssinie ; ces nuages s'y amoncèlent, s'y condensent, et s'y résolvent en pluies abondantes qui durent plusieurs jours, et causent les débordemens du Nil.

La même chose a lieu sur toutes les hautes montagnes, et y produit également des pluies immenses à des époques fixes, et des inondations considérables. Les moussons de l'Indé conduisent sur les Gates alternativement à l'orient et à l'occident, des nuages de l'océan indien, et produisent les pluies périodiques sur chacun des deux côtés, toujours aux mêmes époques. Les nuages de la mer Atlantique sont condensés sur les Cordilières, où ils produisent, à des époques fixes, les débordemens immenses des grands fleuves qui sortent de ces montagnes.

§. 1248. Mais n'y a-t-il pas une portion de ces eaux qui se rend dans l'intérieur du globe ? Cela me paroît assez vraisemblable.

Il est certain, comme nous l'avons vu, que la masse des eaux qui est à la surface du globe diminue, et qu'une partie des eaux des mers se rend dans des cavernes intérieures.

Ne pourroit-on pas dire également qu'une partie des eaux douces qui coulent à cette surface, se rend dans ces mêmes cavernes intérieures?

Il est sûr qu'il y a beaucoup de cavernes et de grandes fentes dans la partie des continens. Les tremblemens de terre indiquent que ces fentes s'étendent à des distances immenses.

Il est probable que plusieurs de ces fentes pénètrent à des profondeurs au-dessous du niveau des mers, comme l'indiquent les volcans soumarins.

Il est probable que des eaux souterraines coulantes doivent rencontrer quelques-unes de ces fentes, et s'y précipiter.

§. 1249. Plusieurs faits paroissent indiquer que ces événemens ne sont pas aussi rares qu'on pourroit le croire. Un assez grand nombre de rivières se perd, et leurs eaux ne reparoissent plus; telles sont les eaux de l'Yvette, auprès de Paris,

celles de plusieurs autres du côté de Poitiers, d'Aigle, de Neufchâteau....

Sur les bords de la mer on a un grand nombre de puits d'eau douce à une profondeur au-dessous du niveau de celles de la mer. Les eaux de celle-ci ne communiquent nullement à ces puits. Ce sont les eaux pluviales qui, ici comme ailleurs, entretiennent ces puits. Elles ne peuvent se rendre dans le bassin de la mer, puisque, comme nous l'avons dit, il n'y a nulle communication entre les unes et les autres; il faut donc que toutes ces eaux se rendent dans des cavités intérieures. Par conséquent tout paroît confirmer l'opinion que j'avance, qu'une partie des eaux courantes à la surface du globe, peut se rendre dans son intérieur.

§. 1250. D'UN autre côté ne se pourroit-il pas, dans quelques circonstances, que la chaleur souterraine centrale volatilisât une portion de ces eaux intérieures qui, comme l'avoit dit *Descartes*, viendroient se condenser à la surface interne des montagnes, et contribueroient à la formation de quelques fontaines? Il est sûr que cet effet est produit quelquefois par les feux des volcans.

Ceci établiroit une communication entre les eaux qui coulent dans l'intérieur du globe, et celles qui coulent à sa surface.

§. 1251. La même communication à l'intérieur et à l'extérieur du globe a lieu pour tous les autres grands fluides, tels que le fluide électrique, le fluide magnétique, la matière de la chaleur, les airs.... Ils cherchent toujours à se mettre en équilibre.

Lorsque la terre est surchargée d'électricité, elle en communique à l'atmosphère; et réciproquement, si l'atmosphère en a plus que le globe terrestre, elle lui en rend: ce qui forme la foudre ascendante et descendante.

Il se verse également des fluides aériformes du sein de la terre dans le vague de l'air; et d'un autre côté les fluides de l'atmosphère se combinent avec les terres et les pierres pour former de nouveaux composés. Ces mêmes principes, puisés dans l'atmosphère, se retrouvent dans les fossiles, les charbons et les tourbes.

C'est la marche perpétuelle de la nature, de lier par-tout ses ouvrages les uns aux autres. Il me paroît donc très-vraisemblable qu'il y a la même communication entre les eaux extérieures et les eaux intérieures.

§. 1252. Pour porter toute la précision possible dans cette matière, il faudroit pouvoir résoudre les problêmes suivans:

1°. Quelle est la quantité d'eau qui tombe sur la surface de la terre?

2°. Quelle est la quantité d'eau qui s'évapore ?

3°. Quelle est la quantité d'eau que les fleuves versent dans les mers ?

Nous n'avons pas encore assez d'observations pour répondre avec précision à toutes ces questions. Je vais rapporter les faits qui me paroissent les plus certains, et nous en tirerons, par approximation, les conséquences qui nous paroîtront les plus probables.

De la quantité d'eau qui tombe sur la surface de la terre.

§. 1253. Pour avoir la quantité d'eau qui tombe dans l'année, les physiciens ont inventé un instrument qu'ils nomment *udiomètre*. C'est un vase d'une surface quelconque, par exemple, d'un pied en quarré, percé dans son fond, et ayant un petit conduit qui porte toute l'eau tombée dans un autre vase, dont la surface est exactement la même; lequel est placé dans un appartement intérieur. Une échelle graduée exactement se trouve dans celui-ci, et indique la quantité d'eau tombée.

Mais on sent qu'il y a toujours des pertes. Par exemple, lorsqu'il tombe peu d'eau, seulement pour humecter les vases, il y a une grande perte. Par conséquent on n'obtient que des à-peu-près,

qui au reste sont suffisans dans ces sortes de matières.

§. 1254. Les résultats de ces observations ont fait voir que la quantité d'eau qui tombe dans différens pays n'est point la même. Le résultat moyen a donné :

	pouces.	lignes.
A Paris,	20	2
A Londres,	21	1 8
A Bristol,	21	4
A Lancastre,	42	
A Padoue,	33	5
A Rome,	28	6
A Naples,	35	0
A Vicenze,	42	3
A Tolmézo (Frioul, Alpes),	82	8
A Udine (Frioul),	71	1
A Garfagnana,	92	2
A Bologne,	24	0
A Alger, suivant *Shaw*,	27	6
A Berne,	39	10
A Utrecht,	27	2
A Franeker en Frise,	28	6
A la Grenade,	105	0
A Tivoli (Saint-Domingue),	100	0
A Léogane (Saint-Domingue),	150	0
Au Cap (Saint-Domingue),	132	0

	pouces.	lignes.
A Sainte-Lucie,	42	0
A Upsal,	14	5
A Abo,	24	3

§. 1255. On voit que la quantité moyenne de pluie qui tombe dans les différentes contrées n'est point la même, et que les différences sont énormes. A Garfagnana, par exemple, situé dans les Alpes du Frioul, il en tombe jusqu'à cent pouces, tandis que dans quelques autres endroits de l'Italie, comme à Bologne, il n'en tombe que vingt-quatre pouces. Ceci vient de ce que les Alpes fixent les nuages, et déterminent ces pluies abondantes, qui quelquefois s'élèvent à vingt pouces en trois jours. La quantité moyenne des pluies, le long du golfe Adriatique, est de 26 pouces.

Cette même quantité d'eau de pluie, relativement à toute l'Italie, est de quarante-deux pouces.

La quantité moyenne d'eau qui tombe dans les hautes montagnes qui fournissent aux inondations des grands fleuves, comme sur les montagnes de l'Abyssinie, aux Gates, aux Cordilières.... doit être immense, et excéder même celle que nous venons de voir tomber dans le Frioul. A Saint-Domingue, elle va jusqu'à cent trente, cent quarante pouces.

D'un autre côté, dans les plaines des pays chauds il tombe très-peu d'eau; il en est même où il n'en tombe jamais, comme en Egypte, en Perse.... mais il y a des rosées très-abondantes. Ces rosées humectent souvent les terreins. Il est très-fréquent de voir les rues du Caire entièrement mouillées par cette rosée.

§. 1256. *Ulloa* dit qu'il ne pleut jamais dans les vallées du Pérou; mais les vapeurs se résolvent en bruine fort menue, comme une espèce de rosée qu'on appelle *garua*. Cette rosée ne peut pénétrer l'étoffe la plus légère: cependant elle suffit pour humecter la terre, en fertiliser la surface, et même remplir de boue les rues de Lima. Cette rosée fournit donc une grande quantité d'eau, mais qu'on n'a encore pu calculer.

Casan a essayé de faire l'estimation de la quantité de cette rosée qui tombe à Sainte-Lucie, aux Antilles. Il la porte à un cinquième de ligne par nuit, ce qui feroit soixante-treize lignes par an, ou six pouces une ligne (1). Mais cette estimation paroît foible. La quantité de cette rosée est indépendante de la pluie qui tombe dans ces contrées, et qu'il estime à trente-six pouces.

Mais dans les pays du nord les pluies sont beau-

(1) Journ. de Physiq. mai 1790, page 332.

coup moins abondantes que dans les pays chauds. Nous voyons qu'à Abo il n'en tombe que vingt-quatre à vingt-cinq pouces, et à Upsal quatorze à quinze pouces.

Il est vrai qu'il faut tenir compte des brouillards si abondans dans ces pays septentrionaux; et on n'a pas encore essayé d'évaluer la quantité d'eau qu'ils peuvent fournir, et qui doit être considérable.

§. 1257. Dans nos contrées, la quantité moyenne des eaux que fournissent les pluies est de vingt-un pouces, comme à Paris, à Londres.... Mais les brouillards, les rosées en fournissent aussi beaucoup. *Hales* a calculé (1) que les rosées fournissoient environ 3,39 pouces. Le pied anglois est à-peu-près d'un douzième plus petit que le nôtre, ce qui réduit cette quantité à environ trois pouces de France. Cette estimation paroît assez juste. Ainsi la quantité moyenne d'eau qui tombe à Paris chaque année seroit d'environ vingt-quatre pouces. Elle seroit un peu plus considérable à Londres.

Nous n'avons pas les mêmes données pour les autres pays.

Quant aux pluies qui tombent sur la surface

(1) Statique des végétaux, page 43.

des mers, nous n'avons aucune observation bien faite. Néanmoins cette quantité doit être moins considérable que celle qui tombe sur les continens, dont les hautes montagnes condensent les nuages. D'ailleurs il est certain que les vents transportent sur les continens un grand nombre de nuages qui s'élèvent de dessus les mers.

§. 1258. D'APRÈS cet exposé des faits, on voit que nous n'avons pas assez de données pour estimer la quantité moyenne d'eau qui tombe chaque année sur toute la surface de la terre.

Cependant, en prenant un terme moyen, je crois qu'on ne s'écarteroit pas beaucoup de la vérité en portant de vingt-quatre à vingt-six pouces la quantité moyenne des eaux que versent les pluies, les rosées et les brouillards sur toute la surface du globe. Cette eau est fournie par *l'évaporation*.

De la quantité d'eau qui s'évapore chaque année de dessus la surface de la terre.

§. 1259. CETTE quantité doit varier suivant les différens climats et les différens terreins. Mais il est très-difficile, pour ne pas dire impossible, d'avoir des résultats exacts.

On n'a point encore fait d'expériences pour

déterminer la quantité d'évaporation qui a lieu sur les terreins. Toutes celles qu'on a traitées ont été faites sur les eaux, et elles sont bien éloignées de pouvoir donner des résultats exacts.

Les physiciens ont placé de l'eau dans des vases, et l'ont laissée ainsi toute l'année exposée à l'air, en prenant des précautions pour que la pluie n'y tombe pas. Ils ont ensuite calculé la quantité qui s'étoit évaporée : mais ils se sont bientôt apperçu que cette quantité varioit suivant la profondeur du vase, son ouverture.... Moins le vase est profond, plus l'eau s'échauffe, et plus l'évaporation doit être considérable. Il en est de même si son ouverture présente une grande surface au contact de l'air.

Cotte a pris deux vases faits avec la même lame de plomb (1). L'un A avoit moitié moins de hauteur que le second B, et quatre fois moins de surface. Ces vases, mis en expérience, ont donné des résultats qui ont fait voir que l'évaporation avoit été plus grande proportionnellement dans le petit vase A que dans le vase B; car elle a été à-peu-près comme 10 dans le vase A, et comme 8 dans le vase B.

Ceci fait voir qu'on ne peut compter sur les résultats des expériences des physiciens qui se

(1) Journ. de Physiq. 1781, octobre, page 306.

sont occupés de cet objet, puisque certainement ils ne se sont pas servis de vases qui eussent les mêmes capacités. Néanmoins nous allons rapporter ces résultats tels qu'ils nous les ont donnés.

§. 1260. *SÉDILEAU*, en 1688, 1689, 1690, fit à Paris plusieurs expériences sur l'évaporation qui y avoit lieu dans toute l'année. Il trouva,

	pouces.	lignes.
En 1688,	32	5
En 1689,	32	10
En 1690,	30	11

Toutes les expériences faites à Paris depuis ce physicien ont donné à-peu-près le même résultat. On compte pour évaporation moyenne,

	pouces.	lignes.
A Paris,	30	7
A Londres,	48	
A Liverpool,	21	

Cruquius ne porte l'évaporation moyenne qu'à vingt-un pouces.

§. 1261. MAIS l'évaporation dans les pays chauds doit être beaucoup plus considérable qu'elle n'est à Paris, et elle doit être moindre dans les pays froids. On sent que dans les climats brûlans de l'Afrique, de l'Arabie, de la Perse, de l'Inde...., l'évaporation doit être immense, tandis qu'elle est très-foible dans les zones glaciales.

Nous manquons d'observations exactes à cet égard. Ainsi nous ne pouvons calculer la quantité moyenne d'eau qui s'évapore chaque année de dessus les mers, les lacs et les rivières.

§. 1262. Nous devons néanmoins tirer une conséquence générale de l'observation de *Cotte*: puisque l'évaporation est d'autant plus considérable que le vase est plus petit et a moins de profondeur, il s'ensuit que, dans une petite mare peu profonde, elle doit être plus grande que dans un lac, et dans un lac plus considérable que dans les grandes mers. En général elle doit être moindre sur toute la surface du globe que dans les petits vaisseaux dont se servent les physiciens pour calculer cette quantité.

§. 1263. Enfin on n'a aucune donnée certaine sur l'évaporation qui a lieu sur les continens.

Hales n'a porté la quantité moyenne de l'évaporation sur toute la surface du globe qu'à neuf pouces (1). Je crois cette estimation trop foible.

D'autres physiciens ont supposé que cette éva-

(1) La transpiration des plantes est très-considérable. On a calculé qu'un soleil (*helianthus*, ou *corona solis*) peut, dans un jour d'été, perdre par la transpiration, jusqu'à 32 onces d'eau.

poration moyenne est de soixante pouces. Je la crois également trop forte et exagérée.

La quantité moyenne d'évaporation, à Paris, est supposée, comme nous venons de le voir, de trente pouces; mais il est évident que cela ne peut avoir lieu sur la masse des eaux, puisqu'elle n'est de cette quantité que dans des petits vases, et que nous ignorons ce qu'elle est sur les continens. Voici une manière approximative de la déterminer.

La quantité moyenne des pluies et des rosées ne monte qu'à vingt-quatre à vingt-cinq pouces. Toute cette eau, ou se rend à la mer par les fleuves, ou est emportée par l'évaporation.

§. 1264. Je suppose que la quantité moyenne de l'eau qui s'évapore par an dans nos continens de la surface des eaux, de celle des terres, et par la transpiration des plantes (1), est d'environ les trois quarts de celle que fournissent les pluies, les rosées, c'est à-dire, de dix-huit à vingt pouces, et le reste est charrié par les fleuves.

Mais la quantité moyenne de l'eau qui s'évapore des mers est encore moins facile à estimer; elle est vraisemblablement plus considérable que celle qui s'évapore de dessus les continens. Nous

(1) Statique des végétaux, tome I, page 44.

manquons de données pour en avoir une estimation même approximative.

De la quantité d'eau que les fleuves versent dans les mers.

§. 1265. Les physiciens ont fait beaucoup de recherches sur cet objet; mais leurs travaux n'ont pas encore toute la précision qu'on a droit d'en attendre. *Mariotte* a calculé l'eau de la Seine qui passoit au Pont-Royal à Paris.

« Son lit dans cet endroit, dit-il, a quatre cents » pieds de largeur. Sa profondeur ordinaire est de » cinq pieds; sa vîtesse moyenne, par minute, est » de cent pieds : à la surface elle est de cent cin- » quante pieds; mais elle n'est pas si considérable » au-dessous de cette surface. Elle est encore plus » ralentie vers son fond et vers ses bords à cause » des frottemens.

» Multipliant 400 par cinq de profondeur, on a » 2000 pieds cubes, qui, multipliés par 100 de vî- » tesse, donnent 200,000 pieds cubes qui passent » par minute au Pont-Royal, et 12,000,000 par » heure, et en vingt-quatre heures 288,000,000, » et en trois cent soixante-cinq jours, ou un an, » 105,120,000,000 pieds cubes, qui, divisés par » 216 nombre de pieds cubes que contient la toise » cube, donnent 486,666,666 toises cubes ».

Il calcule ensuite la quantité d'eau de pluie qui tombe sur la surface du terrein dont les eaux se versent dans la Seine jusqu'à Paris : il suppose que ce terrein a 60 lieues de longueur et 50 lieues de largeur, ce qui feroit 3000 lieues quarrées.

§. 1266. Mais il est évident qu'il se trompe dans cette estimation. Quelques-uns des terreins dont les eaux se versent dans la Seine peuvent être distans de Paris de 60 lieues ; mais on ne peut pas dire que la distance moyenne de ces terreins soit de 60 lieues, ni leur largeur moyenne de 50 lieues. Car on ne compte que 27,000 lieues quarrées en France, et ce terrein n'est certainement pas la neuvième partie de la France.

§. 1267. Je suppose que les eaux que la Seine verse au Havre sont à-peu-près le double de celles qui passent à Paris ; la rivière de l'Oise, *celle de* l'Arche, et les autres réunies, ne sont pas moins fortes que la Seine à Paris.

Je suppose aussi que la surface de tout le bassin de la Seine est à-peu-près de 3000 lieues quarrées ; car sa longueur moyenne est d'environ 85 lieues, et sa largeur moyenne de 35 lieues : ce seroit le neuvième de la France.

Je trouve le même résultat par un autre calcul. Le bassin de la Seine renferme à-peu-près ce que, dans l'ancienne division de la France, on appe-

loit la généralité de Rouen contenant 587 lieues quarrées, la généralité de Paris contenant 1157 lieues quarrées, la généralité de Châlons en Champagne contenant 1226 lieues quarrées, quelques portions de la Bourgogne, du Perche, et quelques autres cantons.

D'après cette estimation, la Seine, au Havre, verseroit donc deux fois autant d'eau dans la mer, qu'il en passe à Paris: savoir, 973,555,552 toises cubes, ou environ un milliard de toises cubes.

§. 1268. Et en supposant que toutes les rivières de France en fournissent autant proportionnellement, elles porteroient à la mer environ neuf milliards de toises cubes d'eau chaque année.

La surface de la terre est de 25,772000 lieues quarrées.

Celle de la France est environ 27,000 lieues quarrées: c'est la neuf cent cinquante-cinquième partie de toute la terre.

Mais la surface des mers est plus étendue que celle des continens.

Supposons donc que la surface des continens ne fût que de 12,000,000 lieues quarrées; la surface de la France leur seroit comme 444 est à 1.

Supposons encore que tous les fleuves du con-

tinent (il peut y en avoir de soumarins) versent autant d'eau dans les mers que ceux de France; nous aurons, pour la totalité des eaux que les fleuves portent à la mer, 444 fois neuf milliards de toises cubiques, c'est-à-dire, 3996 milliards.

La lieue cubique, de 2283 toises, contient 11,899,199,189 toises cubiques.

Par conséquent tous les fleuves du globe, dans cette hypothèse, ne porteroient à la mer que 3358 lieues cubiques d'eau par an.

§. 1269. MAIS nous avons supposé que l'étendue de la surface des eaux de la mer est de 13,772,900 lieues quarrées. On peut supposer la profondeur moyenne des eaux de la mer être de 250 toises, c'est-à-dire, d'un neuvième de lieue.

Par conséquent la totalité des eaux *des mers* seroit de 1,530,320 lieues cubiques.

Tous les fleuves en versant 3358 lieues cubiques d'eau par an, il faudroit 4557 ans pour qu'ils en versassent une quantité égale à celle des mers.

§. 1270. KEIL en a trouvé une quantité plus considérable en Lombardie (1). Il prend le Pô

(1) Keil, *Examination of burnet's theory*. London, 1734, page 126.

pour exemple : sa largeur à son embouchure est de 100 perches ou 1000 pieds, la perche étant de dix pieds. Sa profondeur moyenne est de dix pieds. Sa vîtesse lui fait parcourir en une heure quatre milles (le mille d'Italie est de 955 toises). Ainsi le Pô fournit à la mer 200,000 perches cubiques en une heure, et 4,800,000 en un jour. Un mille cubique contient 125,000,000 perches cubiques. Ainsi le Pô, en vingt-six jours, porte à la mer un mille cubique d'eau, et dans l'année environ quatorze milles cubiques.

Les terreins qui versent leurs eaux dans le Pô ont, suivant *Riccioli*, 380 milles de longueur, et 120 milles de largeur; ce qui fait 45600 milles quarrés.

La surface des continens est de 85,490,506 milles quarrés qui, divisés par 45,600, donnent 1874. Ainsi le Pô ne verse à la mer que le 1874ème des eaux qu'y portent tous les fleuves de la terre.

Mais vingt-six rivières comme le Pô, fournissant en un jour un mille cubique d'eau à la mer, il s'ensuit que dans un an 1874 rivières semblables lui fournissent 26,808 milles cubiques d'eau, et que dans l'espace de 812 années toutes ces rivières lui fourniroient 21,372,626 milles cubiques d'eau, c'est-à-dire, autant qu'il y en a dans l'Océan, en lui supposant une profondeur moyenne d'un quart de mille, ou 230 toises environ.

Keil a un résultat un peu plus fort que moi; mais le Pô doit verser plus d'eau que la Seine proportionnellement à l'étendue de leurs bassins, puisque la quantité moyenne de pluie, à Paris, est de 20 pouces 2 lignes; et qu'en Lombardie cette quantité moyenne est de 42 pouces. Sa vîtesse est beaucoup plus considérable que la Seine, qui ne parcourt que 1000 toises par heure: au lieu que le Pô en parcourt presque le quadruple; aussi verse-t-il trois ou quatre fois plus d'eau proportionnellement que la Seine, car sa largeur est de 1000 pieds, sa profondeur 10 pieds, c'est-à-dire qu'il est deux fois et demie plus grand que la Seine, et son cours quatre fois plus vîte. Ainsi il porte dix fois plus d'eau que la Seine; mais son bassin est de 45,600 milles quarrés, ou environ 45,000,000,000 de toises quarrées. Le bassin de la Seine est d'environ trois mille lieues quarrées, c'est-à-dire, environ le tiers de celui du Pô.

Le Pô verse donc trois fois et demie plus d'eau proportionnellement que la Seine.

Cependant il ne tombe que 42 pouces d'eau de pluie dans son bassin, et 20 pouces dans celui de la Seine. Ceci tient à une autre cause.

§. 1271. TOUTE l'eau qui tombe sur la surface de la terre ne se rend pas dans les fleuves. Une partie est reprise par l'évaporation, par la végé-

tation.... Prenons encore pour exemple le bassin de la Seine.

Il contient 3000 lieues quarrées. Il y tombe 20 pouces d'eau dans l'année ; ce qui fait 60 pieds cubes d'eau sur une toise quarrée.

La lieue quarrée contient 5,212,089 toises quarrées ; ce qui fait 312,725,340 pieds cubiques d'eau pour une lieue quarrée, et 938,176,020,000 pour 3,000 lieues quarrées. La lieue cubique est de 216 pieds cubiques. Par conséquent le bassin de la Seine reçoit par an environ 4,350,000,000 toises cubiques d'eau de pluie. Mais la Seine ne verse dans les mers qu'environ un milliard de toises cubiques ; c'est-à-dire qu'elle ne verse dans les mers pas tout-à-fait un quart des eaux qui tombent dans son bassin.

§. 1272. Il faut en conclure que l'évaporation emporte le reste. Ainsi, sur 24 pouces d'eau qui tombe dans le bassin de la Seine, elle en porte six pouces à la mer, et l'évaporation en enlève dix-huit pouces.

Cette quantité d'eau que la Seine verse dans la mer, toute considérable qu'elle est, ne fait donc environ que le quart de celle qu'emportent l'évaporation et la végétation, en partant des calculs qu'on adopte sur la quantité d'eau qui s'évapore dans le cours de l'année.

Mais on conçoit que plus la quantité de pluie est considérable, plus les rivières en doivent porter aux mers, proportion gardée. Ainsi le Pô doit porter plus d'eau à la mer proportionnellement que la Seine, parce que les eaux ont le temps de s'y rendre avant que l'évaporation ne les enlève.

Dans les pays froids, où l'évaporation est moindre, les fleuves doivent porter plus d'eau proportionnellement que dans nos contrées.

Et au contraire, dans les pays chauds elles en porteront beaucoup moins. Ainsi toutes les rivières qui coulent des plaines de l'Afrique dans l'océan Atlantique sont peu considérables relativement à l'étendue de leurs bassins, parce que l'évaporation est immense dans ces sables brûlans.

En compensant toutes ces données les unes par les autres, nous supposerons par approximation qu'il faut estimer la quantité d'eau que versent dans les mers les fleuves du globe, par celle qu'y versent les fleuves de France.

§. 1273. Ces difficultés nous font voir qu'ici comme par-tout ailleurs nous sommes encore bien éloignés de pouvoir appliquer la rigueur du calcul aux grands phénomènes de la nature.

L'évaporation sur les continens n'étant que les trois quarts de l'eau que versent les pluies et les

rosées, il s'ensuit que l'autre quart doit être fourni par l'évaporation qui a lieu sur les mers. Et en effet, les nuages qui s'en élèvent sont en partie portés par les vents sur les continens, où ils vont se résoudre en pluies, brouillards.... particulièrement sur les grandes montagnes, et entretiennent les plus grands fleuves de la terre.

De cette manière, la mer fournit elle-même toute l'eau que lui portent les fleuves.

§. 1274. Il reste dans l'atmosphère et à la surface de la terre toujours à-peu-près la même quantité d'eau qui fournit aux pluies (conjointement avec la partie qui est fournie par la mer et qui y retourne par les fleuves), à l'évaporation et à la végétation.

Il seroit difficile d'apprécier la quantité réelle de cette eau: elle n'est certainement pas de dix-huit pouces, comme le paroîtroient indiquer les pluies, parce que, dans le cours de l'année, la même eau retombe plusieurs fois en pluies, brouillards.... et ensuite s'évapore pour retomber de nouveau.

Peut-être ne s'écarteroit-on pas beaucoup de la vérité en supposant que cette quantité d'eau n'excède pas trois à quatre pouces. Cette eau est toujours en partie dans l'atmosphère, en partie dans les couches extérieures de la terre. Dans les

temps de sécheresse, il y en a une plus grande quantité dans l'atmosphère, et une moindre dans les temps de pluie.

DU COURS DES FLEUVES ET DE LEURS EFFETS.

§. 1275. UNE masse d'eau courante un peu considérable, qui se rend à la mer ou dans un grand lac, porte le nom de *fleuve*. Les autres eaux courantes ont le nom de *rivières* ou de *ruisseaux*, suivant leur volume.

L'origine de toutes les eaux courantes vient ou des fontaines dont nous venons de parler, ou des grands glaciers.

§. 1276. LES plus grands fleuves que nous connoissons en Europe ont leurs sources dans des glaciers. Le Danube, le Rhin, le Pô, le *Rhône*, sortent des glaciers des Alpes, particulièrement des chaînes du mont Saint-Gothard.

La même chose a lieu dans les autres chaînes. Les grands fleuves qui sortent des monts Altaï, des Cordilières et de toutes les hautes montagnes, viennent des glaciers qui couvrent leurs pics les plus élevés.

On sent facilement la raison pour laquelle les plus grands fleuves paroissent prendre leur origine dans les glaciers. Ces masses glacées sont tou-

jours au sommet des plus hautes montagnes de chaque continent. Les eaux qui en sortent sont donc les plus éloignées du point où se rend le fleuve. En parcourant les chaînes inférieures, elles reçoivent les eaux de toutes les chaînes collatérales. Elles sont par conséquent censées être le courant principal.

§. 1277. On a supposé que des fleuves peuvent sortir immédiatement de certains lacs. Le Niger sort du lac Bournou, le Nil du lac Gambea, la rivière des Amazones du lac Lauricocha.... Mais sans doute ces lacs sont entretenus par des ruisseaux, des rivières, qui peuvent être regardés plutôt comme l'origine de ces fleuves. Ce sera la plus considérable de ces petites rivières qui sera vraiment leur origine. Comme on ne pourroit pas dire que le Rhône est fourni par la masse d'eau qui, à Genève, sort du lac Léman. Son origine est le courant du Saint-Gothard, qui coule dans la vallée de Sion.

§. 1278. Tous les grands fleuves reçoivent dans leur course une multitude de rivières collatérales, dont le versement est déterminé par les pentes du terrein. C'est cette disposition des terreins qu'on appelle *les bassins des fleuves*. Il est facile de suivre l'étendue de ces bassins sur les

cartes géographiques ; nous avons même quelques cartes qui les marquent spécialement. On les retrouve dans la *planche IV*.

Ces bassins suivent les pentes des montagnes et des continens ; et comme nous avons vu que la direction de ces chaînes de montagnes n'est pas plus déterminée vers un point de l'horison que vers un autre, il en sera de même de ces bassins. On peut seulement dire en général qu'ils font un angle à-peu-près droit avec la chaîne principale des montagnes d'où ils sortent. C'est ce qu'il est facile de prouver par l'inspection des lieux.

En Afrique, la grande chaîne des montagnes s'étend de la Méditerranée au cap de Bonne-Espérance, par les monts Leupata ; et tous les fleuves de ce continent sortent à-peu-près à angle droit de cette chaîne, pour se verser, soit dans l'océan Atlantique, soit dans l'océan Indien ; tels sont le Niger, le Gambie, le Zaïre....

En Amérique, la grande chaîne des montagnes s'étend également d'un pôle à l'autre ; et la majeure partie des fleuves coule dans l'océan Atlantique, en faisant à-peu-près un angle droit avec la chaîne des montagnes.

On retrouve encore à-peu-près la même chose en Asie ; car la chaîne des montagnes court de l'orient à l'occident, et la majeure partie des eaux de ce continent se verse au midi et au nord.

L'Europe est plus coupée. Les chaînes de montagnes ne suivent point une direction aussi régulière que dans les autres continens ; et dès-lors le cours des eaux doit être également irrégulier. Cependant la direction de la grande chaîne de ces montagnes est nord-ouest depuis Archangel jusqu'en Portugal, et les eaux se versent en général à l'est et à l'ouest.

§. 1279. Néanmoins la règle que nous établissons est modifiée par une autre cause plus générale. Nous avons vu que dans chaque continent il y a un centre principal de toutes les montagnes de ce continent ; c'est de ce sommet central que partent tous les grands fleuves, comme des rayons divergens.

Les sommets de l'Abyssinie sont ce point central en Afrique ; c'est d'où partent le Nil, le Niger, le Zaïre, le Hacuache.

Les montagnes de Quito sont ce point central dans l'Amérique méridionale. C'est d'où sortent l'Orénoque, l'Amazone, Rio-Grande, la Plata.....

Dans l'Amérique septentrionale, le point central est dans les montagnes de l'ouest, d'où sortent le Saint-Laurent, le Mississipi....

L'Asie offre plusieurs de ces points centraux. Le premier est dans les monts Boghdo et dans les Altaï. C'est d'où partent l'Aracan, le Menan, le

Houan, le Kiang, l'Amour, la Lena, le Yenissei, l'Ob.... Le second est dans les monts Immaüs, d'où sortent l'Oxus, le Sihon, l'Indus, le Gange.... Le troisième est dans le Taurus, d'où sortent l'Euphrate, le Tigre..... Le quatrième est dans les monts Valdaï, d'où sortent le Volga, le Don, la Dwina, la Neva....

Le principal centre des montagnes d'Europe est dans les Alpes, d'où partent le Danube, le Rhin, le Rhône, le Pô.....

Les eaux qui partent de tous les points centraux s'en écartent en divergeant; elles changent ensuite un peu leurs directions, et vont enfin se rendre dans les grandes vallées, dont les directions deviennent à-peu-près perpendiculaires aux grandes chaînes.

§. 1280. Les eaux courantes rongent et dégradent sans cesse leurs lits et leurs rives dans les lieux où elles ont beaucoup de pentes; elles se creusent des lits profonds dans les montagnes rapides dont la pierre n'est pas d'une grande dureté.

Les Alpes présentent ces phénomènes à chaque instant. Les torrens s'y sont souvent creusé des lits profonds. Il y a sur-tout une petite rivière qui vient se jeter dans le Rhône au-dessous du fort l'Ecluse, dont le lit a peut-être cent pieds

de profondeur, et n'a que quelques pieds de largeur.

Le Rhône a également creusé son lit principalement en sortant du lac de Genève : il se perd même pendant un espace de plusieurs centaines de toises au pont de Lucey, où il s'engloutit sous des bancs de pierre calcaire ; mais ce lit souterrain n'a qu'une certaine étendue, et il ne peut contenir les eaux du fleuve lorsqu'elles sont enflées.

La même chose a lieu pour toutes les rivières et tous les fleuves dont la pente est très-rapide. Elles creusent leurs lits, dégradent leurs bords et charrient tout ce qu'elles en ont détaché. Ces pierres, entraînées avec rapidité, s'usent, s'arrondissent, et forment les galets et les sables dont nous avons parlé.

§. 1281. Ces galets, ces sables, sont transportés dans les plaines, les mers, où ils forment des atterrissemens. Les lits des fleuves en seront par conséquent exhaussés dans les plaines, tandis qu'ils se creuseront dans les montagnes.

Ces atterrissemens feront souvent changer de place au cours des eaux des rivières ou des fleuves dans la plaine. Une dune, ou bute de sable, que ces eaux auront déposée dans un débordement, les fera jeter d'un autre côté ; elles iront frap-

per, avec force, contre leurs nouveaux rivages, les dégraderont, ce qui changera le lit du fleuve.

Ce sont des phénomènes que présentent tous les jours les rivières qui coulent dans les plaines.

Il arrive même quelquefois qu'il se forme des îles au milieu du cours de la rivière ou du fleuve, lequel pour lors se divise en plusieurs branches. Cela est sur-tout fréquent dans les grands fleuves à leurs embouchures dans les mers ou les lacs. Il n'en est peut-être point qui ne se divise pour lors en plusieurs branches. Il suffit de jeter les yeux sur la carte pour voir la multitude de rameaux par lesquels arrivent à la mer le fleuve des Amazones, l'Orénoque, la Plata, le Mississipi, le Saint-Laurent, le Nil, le Gange, le Honan, l'Amour, l'Ob, la Lena, le Yenissei, le Volga, le Danube, le Rhin.....

Souvent les fleuves viennent frapper *contre les* bases des montagnes qui les bordent; ils les rongent, ils y forment des falaises, ou au moins les augmentent.

Toutes les eaux courantes, tous les fleuves se rendent, comme nous l'avons vu, dans les lacs ou dans la mer.

§. 1282. Il en est cependant quelques-uns qui se perdent dans les terres, comme le Loiret, l'Ivette.....

D'autres disparoissent pendant un certain espace, et reparoissent ensuite. *Strabon* dit que le fleuve Mysus, qui arrose la Missie, s'engloutit et reparoît bien loin sous le nom de Caïque. Le fleuve Erasin, qui coule dans l'Arcadie, se perd sous terre et reparoît dans le pays d'Argos. Le Lycus se perd également pour reparoître ensuite. Le Rhône s'engloutit sous le pont de Lucey; la Meuse, au-dessus de Neufchâteau, se perd pendant une lieue et demie, et reparoît aussi forte qu'auparavant. La rivière de Vichery, auprès de Neufchâteau, se perd pendant l'espace de trois lieues. Les rivières de Fauche, de Vésaigny, d'Ecot, de Clinchamp, et trois autres ruisseaux, tous aux environs de Neufchâteau, disparoissent également. Du côté d'Alençon, plusieurs rivières disparoissent de même; savoir, la Rille, l'Iton, l'Aure, la Sapandré..... On voit aussi disparoître plusieurs rivières du côté de la Rochefoucaud, en Angoumois.

Toutes ces rivières coulent dans des grottes souterraines, ou entre des bancs de pierres.

DES LACS.

§. 1283. PAR lacs on entend des amas d'eau assez considérables. S'il a une très-grande étendue, il prend quelquefois le nom de *mer;* telle

est la mer Caspienne. Si, au contraire, il est très-borné, on lui donne le nom d'étang, de marre....

Plusieurs causes ont pu concourir à la formation des lacs; nous allons parler de chacune en particulier.

Des lacs formés par la retraite des mers.

§. 1284. L'ORIGINE première des lacs doit être attribuée à la retraite primitive des eaux des mers; car s'il s'est trouvé une ou des vallées renfermées de toutes parts par des chaînes de montagnes, les eaux n'auront pu s'écouler, et elles auront formé un lac.

Car supposons que lors de la retraite des eaux des mers de dessus les Alpes, les deux chaînes de montagnes que baigne le Rhône au fort l'Ecluse ne fussent pas séparées: toutes les eaux contenues dans ce vaste bassin, formé par les monts Salèves, les monts de la Meilleraie, ceux qui bordent des deux côtés la vallée de Sion, et enfin la chaîne du Jura, n'auront pu s'écouler, et auront formé un lac immense, dont celui de Genève n'est plus qu'une partie.

La même chose a dû arriver dans une multitude d'endroits.

Des lacs formés par des chaussées accidentelles.

§. 1285. Il pourroit encore se former des lacs accidentellement. Si on suppose une plaine, qui se termine par une gorge très-étroite par où s'écoulent les eaux, et que cette gorge s'encombre d'une manière quelconque, par des atterrissemens, la chûte d'une montagne..... les eaux, ne pouvant plus se frayer de passage, s'accumuleront, et changeront la plaine en un lac. Mais ce cas ne peut être que très-rare.

Des lacs formés par des affaissemens.

§. 1286. Les observateurs nous parlent encore de lacs produits par l'affaissement de quelques terreins. Les eaux affluent dans cet espace, et y forment des lacs, à moins qu'elles ne s'écoulent par des fentes qui ont dû se faire le plus souvent dans ce terrein ainsi affaissé.

Le lac Lucrin a été formé de cette manière, par l'affaissement d'une montagne, arrivé à la suite d'un tremblement de terre. L'Italie est remplie de lacs formés par la même cause. Les eaux de plusieurs sont plus ou moins chaudes (1).

(1) *Voyez* toutes les relations des savans qui ont voyagé

Il n'est pas de commotion souterraine un peu considérable, qui ne produise plusieurs lacs. Il y en a eu peut-être plus de cent formés de cette manière en Calabre, lors du tremblement de terre qui y arriva en 1783.

Des lacs formés par des retraites de terreins.

§. 1287. Enfin il peut y avoir des lacs produits par une retraite considérable de quelques terreins. Cette retraite sera le plus souvent la suite du refroidissement de la surface de la terre (§. 687).

§. 1288. On distingue deux espèces de lacs; les uns ont un canal d'écoulement, et les autres n'en ont point.

Des lacs qui n'ont point de canaux d'écoulement.

§. 1289. Il y a un grand nombre de ces lacs, dont les plus considérables sont la mer Caspienne, le lac Aral, le lac Maravi en Afrique, le lac Moussa, qu'on appelle aussi mer Moussa, le lac Tozzer....

Il faut supposer que ces lacs ne reçoivent que

---

dans la partie de l'Italie bouleversée par les volcans, depuis le Padouan jusqu'au fond de la Sicile.

la quantité d'eau nécessaire pour leur entretien, et pour remplir le vide que cause l'évaporation. Car s'il en recevoit plus, le lac s'étendroit; s'il en recevoit moins, il diminueroit.

On a fait un calcul approximatif à cet égard, relativement à la mer Morte, ou lac de Génésareth. On suppose que le Jourdain et les autres rivières qui s'y rendent, peuvent lui fournir à-peu-près autant d'eau que l'évaporation lui en enlève.

On doit faire la même supposition relativement à la mer Caspienne, au lac Aral, et aux autres lacs auxquels on ne connoît point de canaux d'écoulement.

Il faut néanmoins faire une observation essentielle à cet égard. Il se peut que des lacs, dont on ne connoît point de versemens d'eaux, aient cependant des canaux souterrains par lesquels ils se dégorgent. Si on suppose un lac, qui se trouve à une certaine hauteur dans des montagnes, dont quelques-unes correspondent à des vallées inférieures, aient peu d'épaisseur, et soient d'une nature perméable à l'eau, ses eaux pourront s'écouler par des canaux souterrains, et aller fournir à des ruisseaux inférieurs. On en pourroit apporter plusieurs exemples.

Au-dessus du lac de Nantua, il se trouve un lac supérieur, qui n'est séparé de la vallée de Nantua que par une chaussée naturelle peu épaisse et

très-poreuse. Ce lac n'a point de canal de dégorgement. Mais on suppose, avec beaucoup de probabilité, que ses eaux se rendent dans le lac de Nantua par des canaux souterrains, et entretiennent celui-ci, d'où il sort un ruisseau assez considérable.

§. 1290. On a supposé que la mer Caspienne envoyoit également ses eaux par un canal souterrain dans le golfe Persique. *Struys* a même dit avoir vu auprès de Kilan deux gouffres, où il supposoit que l'eau s'engloutissoit pour se rendre dans cette dernière mer. Mais *Blumestorf* ayant examiné avec plus de soin ce local, a reconnu que *Struys* s'étoit trompé. Néanmoins il est très-possible que les eaux de cette mer s'échappent par quelques conduits souterrains, tels que ceux par lesquels coulent les eaux des *rivières* que nous avons vu disparoître pendant un espace assez long; la Meuse, par exemple, qui, auprès de Neufchâteau, disparoît pendant l'espace d'une lieue et demie, ou d'autres rivières qui se perdent sous terre et ne reparoissent plus, telles que l'Ivette.....

Il paroît certain qu'autrefois la mer Caspienne a communiqué avec la mer Noire; aujourd'hui elle paroît plus basse, et elle a diminué considérablement. Cette diminution suppose, ou que

l'évaporation emporte plus d'eau de dessus cette mer, que ne lui en rendent les pluies et les fleuves :

Ou que ses eaux se perdent réellement dans des gouffres souterrains, pour se rendre dans d'autres mers, ou dans l'intérieur du globe.

Ces lacs, qui n'ont point de canaux d'écoulement, ont ordinairement leurs eaux salées ; tels sont le lac Aral, la mer Caspienne, la mer Noire, la mer Morte, le lac Baraba, le lac Tozzer.....

On concevra facilement la cause de ce phénomène, d'après ce que nous avons dit sur la cause de la salure des eaux des mers. Les rivières et les fleuves lessivent les terreins qu'ils traversent, et tous les sels qui s'y trouvent sont emportés dans ces lacs. Leurs eaux, par conséquent, seront salées, comme le sont celles des mers.

Des lacs qui ont des canaux d'écoulement.

§. 1291. Mais la plus grande partie des lacs a des canaux d'écoulement ; ils donnent naissance à des fleuves qui en sortent. Nous avons vu que le Nil, le Niger, l'Amazone, le Gange, la Lena, sortent de grands lacs.

Ces eaux creuseront sans cesse le canal de dégorgement ; il en sortira, par conséquent, une plus grande quantité d'eau : mais il n'en arri-

vera pas davantage dans le lac ; il diminuera donc d'étendue.

La plupart des lacs qui sont traversés par des eaux courantes, diminuent journellement par cette cause. Celui de Genève, par exemple, s'est beaucoup retiré, car toute la ville basse étoit autrefois baignée par ses eaux.

La même chose doit avoir lieu dans tous les lacs semblables.

Une autre cause diminuera encore l'étendue des lacs. Ce seront les atterrissemens. Les fleuves qui y apportent leurs eaux charrient beaucoup de sables, de galets ; ils combleront ces bassins, comme ils comblent celui des mers.

Ces différentes causes ont donc diminué l'étendue de la plupart des lacs existans, et même en auront fait disparoître plusieurs.

§. 1292. Il paroît effectivement par les anciennes traditions, que les lacs étoient beaucoup plus nombreux autrefois qu'ils ne sont actuellement.

Hérodote (liv. 7) dit que la Thessalie n'étoit primitivement qu'un grand lac. « On dit que »la Thessalie n'étoit autrefois qu'un grand lac, »comme étant environnée de tout côté par de »hautes montagnes. Car du côté de l'orient, »elle est enfermée de Hélion et de Ossa, qui se

» joignent par le pied ; du côté du nord, de » l'Olympe ; du côté de l'occident, du Pinde ; du » côté du Midi, par le mont Othris..... Le pays est » arrosé par cinq fleuves, Penée, Apidone, Ono- » chone, Enipée et Pamise, qui vont se jeter à la » mer par un canal fort étroit, où coule le pre- » mier. Anciennement ils faisoient une mer de la » Thessalie entière..... Je m'imagine que cette sé- » paration des montagnes n'a pu être faite que par » un tremblement de terre ».

Les traditions portent à croire que le Pont-Euxin formoit un grand lac enfermé dans des montagnes, et qu'un tremblement de terre lui offrit un passage dans la mer Egée.

La Béotie pouvoit aussi avoir été autrefois un grand lac, qui s'écoula du temps d'Inachus.

Les annales chinoises rapportent que du temps de Yao il y eut un écoulement d'un grand lac dans les montagnes de la Tartarie orientale ; ce qui produisit une inondation considérable.

Les annales de tous les anciens peuples nous parlent de pareils événemens.

On ne peut donc douter qu'autrefois il n'y ait eu beaucoup plus de lacs qu'aujourd'hui.

Les hommes eux-mêmes ont favorisé l'écoulement des lacs. Nous les voyons par-tout occupés à dessécher les marais, à creuser des canaux d'écoulement aux eaux stagnantes..... Ainsi ce

sera une nouvelle cause à ajouter aux autres, qui ont produit la diminution des lacs.

§. 1293. Le voyageur qui observe avec attention la surface de la terre, reconnoît en nombre d'endroits les vestiges d'anciens lacs ainsi desséchés. *Sulzer* a donné des détails intéressans sur cet objet (*Mém. de Berlin, 1762*). Il voyageoit dans les montagnes de l'Hircinie, et il vit que depuis le sommet de Brocken, montagne assez élevée, jusqu'au bas de la vallée auprès du village d'Ilsebourg, il y avoit plusieurs bassins en amphithéâtres qui se communiquoient par des gorges très-étroites. Il supposa que chacun de ces bassins avoit été primitivement un lac; que tous ces lacs, qui étoient les uns au-dessus des autres s'étoient écoulés, et qu'il n'en restoit plus que les vestiges et le petit ruisseau qui y coule.

On rencontre par-tout de pareils bassins plus ou moins étendus, et fermés par des montagnes très-rapprochées, entre lesquelles coulent aujourd'hui de petits ruisseaux ou des rivières plus considérables.

La Dombe et une partie de la Bresse forment un bassin, qu'on peut supposer avoir été autrefois fermé par les rochers de Pierre-Scise à Lyon.

La plaine de Montbrisson, dont le sol est en partie calcaire, quoiqu'enveloppée de tout côté

par les terreins primitifs, a été un pareil bassin, dont la chaussée devoit être auprès de Balbigny, au-dessus de Roanne. La Loire l'a creusé, et a fait disparoître le lac.

Lamanon supposoit que le bassin de Paris avoit été un lac, dont la chaussée étoit à Meulan, et plusieurs faits appuient cette supposition.

Le lac de Genève s'étendoit peut-être, dans des temps reculés, juqu'au fort l'Ecluse, et couvroit par conséquent le Valais, une partie de la Savoie, de la Suisse.

Il paroît qu'à des époques éloignées la mer Caspienne communiquoit avec la mer Aral et avec le Pont-Euxin.

§. 1294. Il seroit intéressant pour la géologie de reconnoître tous les bassins qui ont été autrefois des lacs, et qui sont aujourd'hui desséchés..... On distingueroit, par ce moyen, les phénomènes qui se sont opérés dans des lacs, de ceux qui ont eu lieu dans les grandes mers. Car il n'est pas douteux qu'un grand nombre de phénomènes géologiques ont été produits dans des lacs particuliers, et qu'il ne s'en produise encore tous les jours, comme nous en avons déjà vu plusieurs preuves et nous en verrons encore d'autres.

§. 1295. Dans ce moment les lacs sont beau-

coup plus nombreux au nord que dans aucune contrée du globe. Il paroît même qu'il y en a peu dans la Zone torride, et on en peut trouver facilement la raison.

Les montagnes de la Zone torride sont en général très-rapides : les courans y ont, par conséquent, beaucoup de force.

Les pluies n'y ont ordinairement qu'une saison; mais elles y sont prodigieuses, et causent, comme nous l'avons vu, des inondations immenses, qui durent quelquefois plusieurs mois.

Ces pluies abondantes produiront deux effets.

Le premier sera de couper les chaussées de lacs qui pouvoient y exister, ou d'en creuser de plus en plus le canal d'écoulement.

Le second sera de charrier beaucoup de terres qui combleront ces lacs.

Ces deux causes réunies détruiront les lacs des montagnes de ces contrées. Cependant il y en a encore quelques-uns d'assez considérables, tels que le lac Bournou qui est traversé par le Niger, le lac Gambéa traversé par le Nil, et qu'on regarde communément comme en étant l'origine ; le Lauricocha, d'où sort l'Amazone ; le Maravi.....

Dans les terreins plus bas, la chaleur y est si considérable que l'évaporation emporte une partie des eaux. Aussi voyons-nous tous les petits lacs de la côte septentrionale de l'Afrique être pres-

que réduits à sec pendant l'été, tandis que les pluies abondantes de la saison humide les comblent un peu chaque année par les atterrissemens qu'elles y charrient, et en creusent les canaux d'écoulement.

§. 1296. Dans le nord, au contraire, il n'y a pas de chûtes d'eau si abondantes; mais les pluies y sont continuelles. Les fleuves y charrient moins d'atterrissemens, et ils ont toujours un volume d'eau suffisant pour entretenir les lacs pendant l'été; aussi voyons-nous toutes ces contrées remplies de lacs.

L'Asie septentrionale compte plusieurs lacs, dont quelques-uns sont si considérables qu'ils portent le nom de *mers;* tels que la mer Caspienne, qui a trois cents lieues de longueur sur cinquante de largeur; le lac Aral, dont la longueur est de cent lieues et la largeur de cinquante; le lac Baïkal, qui a cent vingt lieues de longueur; le lac Baraba, le lac Kiata.....

Le nord de l'Europe contient aussi plusieurs lacs, entre lesquels on distingue le Lagoda, l'Onega....

L'Amérique septentrionale est peut-être la partie du globe où il y a le plus grand nombre de lacs: tels sont le lac Supérieur, qui a cent vingt lieues de longueur, et cinquante de largeur; le

lac Huron, qui a cent lieues de longueur, et quarante de largeur; le lac des Illinois, le lac Erié, le lac Ontario, le lac Mistasin, le lac Champlin, le lac Alémipigon, le lac des Christinaux, le lac des Assiniboïls....

Cette grande quantité de lacs existans au nord doit être attribuée à ce que leurs chaussées naturelles n'ont pas été coupées comme dans les contrées qui sont entre les tropiques.

On pourroit néanmoins dire qu'en supposant que les eaux des mers se portent des poles à l'équateur, cette abondance de lacs dans ces contrées vient de ce qu'il y auroit moins de temps que ces terreins seroient découverts. Mais nous verrons que cette supposition n'est point prouvée.

La profondeur des lacs varie comme celle des mers. Des lacs peu étendus doivent avoir une profondeur bornée; mais des lacs tels que la mer Caspienne, le lac Aral.... ont peut-être une profondeur égale à celle des hautes mers. Celle du lac de Genève, dans les endroits les plus bas, est estimée de neuf cent cinquante pieds....

§. 1297. La surface des lacs a trop peu d'étendue pour éprouver des marées produites par l'action du soleil et de la lune.

Il est des lacs dont les eaux s'élèvent et s'abaissent dans quelques circonstances indépendantes

de la plus ou moins grande quantité d'eau qu'y apportent les rivières qui s'y jettent.

La mer Caspienne a un grand nombre de courans qui en élèvent et abaissent les eaux. Il est peu de lacs considérables qui ne soient sujets à des courans semblables; et même des lacs qui n'ont qu'une étendue bornée ont aussi des courans: mais les causes de ces phénomènes sont encore peu connues, parce qu'ils n'ont pas été vus toujours par des observateurs exacts. Nous allons parler de ceux du lac de Genève, qui ont été décrits par des physiciens éclairés.

« La hauteur des eaux de ce lac n'est pas constamment la même, dit *Saussure*, §. *XIII*, » *Voyages dans les Alpes*; elles montent communément depuis le mois d'avril jusqu'au mois, » d'août, et baissent depuis septembre jusqu'en » décembre. La différence de hauteur est commu- » nément de cinq à six pieds.... La cause de ce » phénomène vient des eaux qu'y versent le Rhône » et les autres rivières. Les neiges, fondant en été, » donnent cette grande quantité d'eau.... Outre la » crue régulière des eaux (du lac) en été, on » voit quelquefois, dans des journées orageuses, » le lac s'élever tout-à-coup de quatre à cinq » pieds, s'abaisser ensuite avec la même rapidité, » et continuer ces alternations pendant quelques » heures. Ce phénomène, connu sous le nom de

vis Calais, elle est de vingt brasses, ou cent vingt pieds. Elle augmente à mesure qu'on avance du côté de l'équateur. Vis-à-vis la principauté de Galles et les côtes de France, elle est d'environ cent brasses.

Dans les hautes mers, la profondeur est beaucoup plus considérable, et souvent la sonde ne peut parvenir jusqu'au fond, soit que la sonde soit emportée par des courans, soit que la profondeur soit trop grande; mais ces endroits sont en petit nombre. Nous avons vu la quantité immense de bas-fonds ou de chaînes de montagnes soumarines, qui se trouvent dans la grande mer Pacifique. Il en est de même de toutes les autres mers.

On a donc pris un terme moyen; et par une approximation générale, on a estimé la profondeur moyenne de la mer à deux cents ou deux cent cinquante toises. Mais cette estimation n'est qu'approximative. Il faudroit multiplier les observations pour avoir des données plus exactes.

§. 1304. En supposant de deux cent cinquante toises la profondeur moyenne des mers, la masse d'eau qu'elles contiendroient seroit de 1,530,320 lieues cubiques.

D'où il s'ensuivroit encore que, si on supposoit la surface de la terre absolument plane, et que

les mers la couvrissent entièrement, l'eau ne s'y éleveroit qu'à environ cent vingt toises, ou à sept à huit cents pieds.

§. 1305. D'APRÈS ces données, on pourra savoir, par approximation, la quantité de sel marin contenue dans les eaux de la mer. Celles des mers des tropiques, qui sont les plus étendues, contiennent, suivant *Ingenhousz*, environ deux onces de sel par livre, et celles de la mer Baltique environ deux gros. Cette estimation paroît un peu forte. Mais supposons que les eaux de toutes les mers contiennent environ une once de sel par livre, ou à-peu-près un seizième, ce qui paroît plus se rapprocher de l'exactitude: la masse des eaux des mers est de 1,530,320 lieues cubiques. La pesanteur du sel marin est 21,480, celle de l'eau étant 10,000. La masse du sel marin qu'elles contiennent seroit donc, dans cette hypothèse, d'environ cinquante mille lieues cubiques.

La lieue cubique d'eau pèse 176,465,031,276,240 livres.

Par conséquent le poids de la lieue cubique de sel marin sera 379,399,817,223,916 livres.

Cinquante mille lieues cubiques de sel marin pèseroient 18,969,990,861,195,800,000 livres.

Il y a ensuite les sels terreux et le sulfate de natron qu'il faut ajouter.

DU MOUVEMENT DES EAUX DES MERS.

§. 1306. Les eaux des mers sont sujettes à plusieurs mouvemens; les uns sont particuliers, les autres sont généraux. Ceux-ci doivent se distinguer en trois principaux:

Celui des marées,
Celui de l'orient à l'occident,
Celui des poles vers l'équateur.

Des marées.

§. 1307. Le premier mouvement des eaux des mers, celui qui frappe davantage l'observateur, est celui des marées, qui enleve les eaux deux fois en 24 heures 48′ 45″. Il est bien reconnu qu'il est produit par l'action combinée du soleil et de la lune, puisqu'il est toujours proportionnel à leur éloignement ou rapprochement de la terre, et à leur position par rapport à elle. Ils agissent particulièrement sur les lieux auxquels ils correspondent. C'est pourquoi les marées sont beaucoup plus fortes entre les tropiques, et sont presque insensibles aux poles.

Dans les méditerranées, dont les communications avec l'Océan sont très-étroites, on ne sent pas l'effet des marées. On observe seulement quel-

ques légers mouvemens dans notre Méditerranée, comme au golfe de Venise, sur les côtes de Malthe.... mais ils sont très-faibles, et n'élèvent les eaux que de quelques pouces. On dit qu'à Malthe la marée s'élève, dans quelques lieux, jusqu'à trois pieds, et même en quelques endroits jusqu'à huit pieds.

Les eaux des lacs ne se ressentent point de cette action du soleil et de la lune.

L'influence de la lune sur le mouvement des marées est plus grande que celle du soleil. Aussi le temps où les marées sont le plus considérables est celui des nouvelles et pleines lunes, et particulièrement dans le temps des équinoxes.

On a calculé que la lune devoit élever les eaux de cinq pieds, et le soleil de deux pieds, ce qui fait en tout sept pieds; ou, plus exactement, le soleil les élève de 22 pouces 0,7, et la lune deux fois et demie davantage.

Mais la nature des côtes, des golfes; la position des montagnes, des caps, des promontoires; l'action des vents, des courans, des fleuves.... modifient singulièrement ce mouvement des marées: car dans quelques endroits, comme à Saint-Malo, les eaux s'élèvent, dans des temps de marées, jusqu'à quarante et cinquante pieds.

Dans les grandes mers, sous l'équateur, les marées sont beaucoup moins considérables. Elles

ne sont, dans la mer des Indes, que de trois pieds, suivant *le Gentil;* de deux pieds et demi au Sénégal, suivant *Adanson;* d'un pied à l'île de Taïti....

Du mouvement des eaux de l'orient à l'occident.

§. 1308. Les eaux des mers ont un second mouvement qui n'est pas moins régulier que celui des marées. Il correspond à un semblable mouvement qui existe dans l'atmosphère; je veux dire le grand vent alizé, le vent d'*est*, qui règne constamment entre les tropiques, et qui court de l'orient à l'occident.

Les navigateurs, pour aller d'Europe en Amérique, sont obligés de descendre à la latitude des Canaries pour prendre le courant, qui les porte avec rapidité à l'occident.

On observe le même courant dans la mer du Sud. Pour aller aux Philippines, en partant d'Acapulco, on ne s'écarte point de l'espace qui est compris entre les deux tropiques.

On pourroit croire que ceci est l'effet du grand vent alizé d'est; mais les marins distinguent très-bien l'action du courant de l'atmosphère de celle du courant des eaux de l'Océan.

Du mouvement des eaux des poles vers l'équateur.

§. 1309. Il existe un troisième mouvement des eaux des mers, qui les porte des poles vers l'équateur. Il correspond à un semblable mouvement dans l'atmosphère, qui, comme nous l'avons vu, court presque toujours des poles vers l'équateur.

Ce mouvement est reconnu de presque tous les navigateurs, qui, pour aller en Amérique, sont obligés de ranger les côtes de France, de l'Espagne, et gagnent les Canaries pour aller se mettre dans le courant qui porte de l'orient à l'occident. On pourroit croire d'abord qu'ils cherchent plutôt les vents de nord et nord-ouest que les courans des eaux; mais ils disent que l'action du courant est bien différente de celle du vent de nord. On s'en assure parce qu'on fait toujours plus de chemin qu'on ne devroit en faire par l'action du vent.

On retrouve, dit *Bernier*, dans les mers de l'hémisphère austral, un courant semblable, qui porte également de ce pole vers l'équateur.

Waitz, qui a parlé de ce troisième mouvement des eaux, en apporte pour preuve le mouvement des glaces, qui se portent constamment des deux poles vers l'équateur.

Voilà donc trois grands mouvemens qu'éprouvent les eaux de l'Océan. Ils correspondent à de semblables courans que nous avons vu exister dans l'atmosphère ; mais il en faut rechercher les causes.

§. 1310. Celle des marées est bien connue. Son action est déterminée rigoureusement. Nous n'en pouvons pas dire autant de celle des deux autres.

§. 1311. Cependant il paroît que le second mouvement des eaux, leur transport d'orient en occident, dépend de quatre causes principales.

§. 1312. 1°. La rotation du globe ; car tournant sans cesse d'occident en orient, d'un mouvement très-rapide, il imprime la même rotation à tout ce qui est à sa surface. Mais les eaux n'ayant pas la même masse, ni la même densité que sa partie solide, ne doivent point se mouvoir aussi vîte, et demeureront en arrière : elles sembleront, par conséquent, se mouvoir d'orient en occident, comme cela a lieu relativement à l'atmosphère (§. 639).

Il faut convenir que les eaux acquerront bientôt la même vîtesse que la partie solide du globe. Ainsi, quoique l'effet de cette cause ne doive pas

être entièrement négligée, il sera néanmoins peu considérable.

§. 1313. 2°. Le soleil et la lune avançant chaque jour à l'occident relativement à un point fixe pris sur la terre, doivent entraîner de ce côté la masse des eaux. C'est pourquoi chaque jour le jusan, ou haute mer, arrive plus tard, c'est-à-dire qu'il se trouve à la même heure plus à l'occident; ce qui doit imprimer aux eaux de la mer le mouvement d'orient en occident.

§. 1314. 3°. Le vent alizé d'est influera encore sur le courant des eaux de l'Océan, en leur communiquant la même direction qu'il a lui-même.

§. 1315. 4°. Les eaux qui se portent des poles à l'équateur ne pourront acquérir la même vîtesse que le globe, ainsi que nous l'avons vu (§. 660) pour les vents qui se portent des poles à l'équateur.

L'action de ces quatre causes réunies, sur-tout celle de ces deux dernières, imprimera aux eaux des mers un mouvement assez rapide d'orient en occident.

§. 1316. Le troisième mouvement, qui porte

ces eaux des poles vers l'équateur, sera une suite du second, qui les porte d'orient en occident. Car la position physique des continens de l'Afrique et de l'Amérique, ainsi que celle de l'Archipel, des Indes et de la Nouvelle-Hollande, doivent changer la direction de ce second mouvement, qui dès-lors doit refluer sur les côtes orientales de ces continens en se portant vers les poles; et par une espèce de tournoiement ou de remou, il reviendra sur lui-même.

Les eaux de la mer Atlantique, par exemple, poussées par leur mouvement d'est des côtes occidentales d'Afrique vers les côtes orientales d'Amérique, sont arrêtées vers celles-ci. Une partie se précipite dans le golfe du Mexique, et de-là remonte vers les Bermudes.

L'autre partie gagne le long des côtes du Brésil, et s'étend vers le cap Horn.

Mais ce transport des eaux des côtes d'Afrique a fait un vide. Les eaux doivent donc affluer des deux poles pour remplir ce vide; ce qui détermine un écoulement des eaux des poles le long des côtes occidentales d'Afrique. Il se fera un vide dans cette partie des mers polaires, tandis qu'il y aura surabondance d'eau sur les côtes du Brésil et sur celles de Terre-Neuve. Les eaux s'écouleront donc de ces dernières régions, les unes vers le cap de Bonne-Espérance, et les

autres au-dessus des Açores, pour revenir sur les côtes occidentales d'Europe.

Les eaux de la mer Atlantique, par conséquent, décriront deux espèces de courbes; l'une, qui les portera des côtes occidentales d'Afrique sur les côtes orientales d'Amérique, les fera remonter le long du Mexique aux Bermudes, et les ramènera en Europe par les quarante degrés de latitude; aussi pour revenir des Antilles les marins sont-ils obligés de gagner cette hauteur. L'autre mouvement portera ces eaux des côtes d'Afrique sur celles du Brésil, et de-là les rapportera du côté du cap de Bonne-Espérance.

La même chose aura lieu pour la mer du Sud; mais l'effet n'est pas tout-à-fait aussi sensible, parce que les côtes orientales de l'Asie, celles de l'Archipel indien et de la Nouvelle-Hollande n'opposent pas un obstacle insurmontable, tel que le font celles de l'Amérique qui sont continues. Les eaux peuvent se porter jusques sur les côtes orientales de l'Afrique. Néanmoins la résistance y est assez forte pour que les eaux, à la hauteur des Philippines, soient repoussées vers les poles par un mouvement rétrograde: car les vaisseaux qui reviennent de Manille à Acapulco sont obligés de gagner les 40 degrés de latitude nord, et de revenir par la Californie.

§. 1317. D'AUTRES causes particulières contribueront au transport des eaux vers l'équateur.

Une de ces causes sera l'action continuelle des vents qui soufflent des poles vers les tropiques (§. 663); ils imprimeront aux mers le même mouvement qu'ils ont eux-mêmes, comme le font tous les autres vents: et ces vents des poles augmentant continuellement d'intensité par le refroidissement progressif des régions polaires, le mouvement des eaux des poles vers l'équateur augmentera dans la même proportion.

La différente densité des eaux pourrait y influer également. Les eaux sont plus salées dans les pays chauds que dans les pays froids, et à leurs parties inférieures que dans leurs parties supérieures.

Les eaux des poles sont plus froides à leur surface, et plus chaudes à une certaine profondeur.

Dès-lors les eaux des pays chauds étant plus denses, sur-tout dans leurs parties inférieures, doivent s'écouler vers les poles par le fond des mers. Il faudra donc, pour rétablir l'équilibre, que les eaux supérieures des mers polaires refluent vers l'équateur. Leur plus grande densité à la surface, qu'elles doivent au froid, favorisera cet écoulement. Elles entraîneront avec elles les glaces dont elles sont couvertes.

Des mouvemens particuliers des eaux des mers.

§. 1318. Ces trois grands mouvemens des eaux sont ensuite modifiés par la nature des côtes, des détroits, des caps, des promontoires, des anses..... comme nous l'avons vu en parlant des marées, et par plusieurs autres causes qui produisent des courans particuliers.

a Les vents généraux, tels que les vents alizés, ou les vents particuliers qui tiennent un certain temps, tels que les moussons, enfin, les vents de mer et de terre qui sont constans, donneront lieu à beaucoup de courans particuliers dans les mers. Ceux-ci seront également modifiés par les côtes, les promontoires, les golfes, les détroits.....

Ce seront ces causes qui produiront cette foule de courans particuliers, dont parlent les navigateurs, et dont nous avons rapporté quelques exemples en traitant des vents.

b Les grandes rivières, les grands fleuves qui se jettent dans les mers, y produisent encore des courans. Des masses d'eau aussi considérables que l'Amazone, l'Orénoque, la Plata..... ayant un cours plus ou moins rapide, doivent, en arrivant dans la mer, perdre leurs vîtesses acquises, ce

qu'elles ne feront qu'en les communiquant aux eaux des mers avec lesquelles elles se mélangent. Aussi y a-t-il des courans particuliers à l'embouchure de toutes les grandes rivières. Ces courans changent sans cesse par les sables que ces fleuves entraînent, par les atterrissemens et par les îles qu'ils forment..... et font des barres très-dangereuses pour les navigateurs.

Ces courans deviennent plus violens dans le temps du jusan, ou haute marée, ainsi que lorsque la mer est agitée. Les flots de la mer ont dans cet instant un mouvement contraire à celui du fleuve, et ce choc rend la lame très-dangereuse. Ce choc des deux courans forme ce qu'on appelle *la barre.*

c Des fleuves souterrains qui aboutiront dans les mers, pourront également y exciter des courans par les mêmes causes que nous venons d'exposer.

On avoit supposé des cavités souterraines, par lesquelles certaines mers se communiquoient; ces communications produisoient de grands courans, comme nous avons vu qu'on en supposoit pour certains lacs, tels que la mer Caspienne.....

On disoit, par exemple, que les eaux du golfe du Mexique communiquoient avec celles de la mer du Sud par un conduit qu'on supposoit exister sous l'isthme de Panama. On assuroit aussi

qu'il existoit de semblables conduits du côté de la Jamaïque.

Mais quoique ces conduits souterrains soient très-possibles, nous n'avons aucun fait constant qui en assure l'existence.

d On avoit encore assigné pour cause des courans, des gouffres dans lesquels on supposoit que les eaux se précipitoient. On citoit particulièrement le fameux *Maëstrom*, sur les côtes de Norvège. Mais aujourd'hui que ce courant est bien connu, il se réduit à peu de chose.

Il est très-vraisemblable qu'il existe dans les mers des lieux par où l'eau gagne l'intérieur du globe. Mais nous n'en connoissons aucun jusqu'ici, qu'on puisse assurer servir à cet usage. Le *Maëstrom* est un espace où les eaux tournent. Ce tournoiement peut être occasionné effectivement par une absorption des eaux qui s'engloutiroient dans des cavernes intérieures. Mais il peut aussi être produit par des courans opposés, comme nous le voyons tous les jours relativement aux eaux des fleuves.

e Des trombes qui se forment sur la surface de la mer, y produisent de pareils tournoiemens.

f Les éruptions des volcans qui sont situés proche des mers, troublent également l'équilibre de leurs eaux. Elles y produisent ordinairement un double mouvement. Les eaux, par une première

impulsion, sont repoussées loin de la côte. Mais une seconde les ramène, et les élève considérablement. On les a vu quelquefois être élevées jusqu'à 200 pieds au-dessus de leur niveau, comme dans l'éruption de 1737, du volcan d'Awatcha.

g Les feux soumarins doivent produire des courans encore plus considérables, puisque toute leur action s'exerce dans le sein des eaux : et quelle est la force de ces feux, pour soulever une île d'une profondeur de plus de 500 pieds, comme celle qui sortit des mers d'Islande en 1783 ! Les eaux des mers proche des Açores, en 1755, furent repoussées si loin du rivage, qu'on découvrit des rochers au fond de la mer, qui étoient inconnus aux navigateurs. En 1782, les flots furent soulevés à une telle hauteur sur les côtes de l'île Terceire, qu'elle en fut toute inondée..... On de pareils mouvemens des eaux doivent y exciter des courans de la plus grande force.

h Les eaux des mers présentent un autre phénomène qui mérite l'attention du physicien. Du côté de Cette, d'Aiguemorte.... où il y a beaucoup de marais salans, on s'aperçoit, dans certains temps de l'année, que les eaux semblent se retirer. C'est surtout dans les années très-sèches, au mois d'août, l'eau de la mer ne suffit pas pour remplir les marais salans, comme elle le fait ordinairement.

On ne sauroit cependant dire que la sécheresse diminue les eaux de la mer d'une quantité sensible. Cet effet tient donc à une autre cause. Dans cette saison, lors des sécheresses, il règne constamment un vent du nord; ce vent pousse les eaux en haute mer, et les éloigne par conséquent des côtes de Cette, d'Aiguemorte.....

Dans le golfe de Venise on apperçoit la même retraite des eaux, dans les saisons sèches. Elles paroissent diminuer de près de deux pieds dans les lagunes; ce qui est produit également par des vents de terre qui soufflent constamment, et repoussent les eaux en haute mer.

Nous avons déjà dit qu'il paroît certain que les eaux des mers poussées par un vent continuel, peuvent se soutenir constamment au-dessus de leur niveau actuel.

De la profondeur des courans.

§. 1319. CETTE profondeur dépend de la force des ondes excitées à la surface des eaux. Or, les géomètres ont cherché à déterminer par le calcul la force et la vîtesse de ces ondes. Voici ce qu'a dit *Lagrange* (*Mécanique analytique, page 491*):

« Comme la vîtesse du son se trouve égale à » celle qu'un corps grave acquerroit en tombant » de la moitié de la hauteur de l'atmosphère sup-

» posée homogène, la vîtesse de la propagation » des ondes sera la même que celle qu'un corps » grave acquerroit en descendant d'une hauteur » égale à la moitié de la profondeur de l'eau dans » le canal. Par conséquent, si cette profondeur est » d'un pied, la vîtesse des ondes sera de 5,495 » pieds par seconde ; et si la profondeur de l'eau » est plus ou moins grande, la vîtesse des ondes » variera en raison soudoublée des profondeurs, » pourvu qu'elles ne soient pas trop considérables.

» Au reste, quelle que puisse être la profondeur » de l'eau et la figure de son fond, on pourra tou- » jours employer la théorie précédente, si on sup- » pose que, dans la formation des ondes, l'eau » n'est ébranlée et remuée qu'à une profondeur » très-petite, supposition qui est très-plausible » en elle-même, à cause de la tenacité et de l'adhé- » rence mutuelles des particules de l'eau, et qui » se trouve d'ailleurs confirmée par l'expérience, » même à l'égard des grandes ondes de la mer. » De cette manière donc la vîtesse des ondes dé- » terminera elle-même la profondeur a à laquelle » l'eau est agitée dans leur formation ; car si cette » vîtesse est de n pieds par seconde, on aura » $a = \frac{n^2}{30,196}$ pieds ».

DE L'EFFET DES COURANS DANS LE SEIN DES MERS.

§. 1320. QUELQUES physiciens ont attribué une grande force à ces courans, et pensent qu'ils exercent une action très-considérable sur le fond de leur sol. Ils croient que ces courans ont pu creuser des vallées et en élargir d'autres. Une des preuves que *Bourguet* en apporte est la régularité des angles rentrans et saillans de ces vallées.

D'autres physiciens soutiennent, au contraire, que l'action des courans est presque nulle, et qu'elle ne s'étend qu'à une très-petite profondeur. Ils supposent qu'à 60 ou 80 pieds elle ne produit presque aucun effet. Nous venons de voir que, suivant la théorie, cette action ne doit pas s'étendre à une profondeur considérable.

Pour décider cette question, qui est d'un grand intérêt, relativement aux phénomènes géologiques, il faut consulter les faits.

§. 1321. IL est certain que la mer forme des bancs de sable, qui ferment aux vaisseaux des passages qui leur étoient ouverts.

Il y a un grand nombre de ces bancs de sable sur les côtes de la Hollande, et au nord-est de l'Angleterre. Les principaux sont le Zuiderzée, le

banc de Werthem, celui de White, celui de White-Watter, celui des Chiens..... Le Borneur ou le Kintmen est un des plus étendus qu'on connoisse. Il commence sur les côtes du Holstein, et se prolonge jusques sur les côtes des Hybrides (*Pl. IV*).

On retrouve de pareils bancs dans la plupart des mers. Les géographes en marquent un considérable, qui s'étend de la côte d'Afrique, proche Alger, aux sept caps, jusques dans le golfe de Lyon.

Les bancs de Terre-Neuve sont très-étendus; mais il y en a d'autres sous mer, proche de ceux-ci, et qui sont encore plus considérables.

Tous ces bancs de sable sont charriés par les eaux, qui même souvent les font changer de place, comme on l'observe journellement dans le Zuiderzée.

Sur toutes les côtes, la mer charrie des sables, des galets.... elle ronge les montagnes qui la bordent, forme des falaises....

Il n'est donc pas douteux que les eaux de la mer n'agissent sur son fond et sur ses côtes. Mais jusqu'à quelle profondeur s'étend cette action? C'est ce que les faits ne décident pas d'une manière précise.

Diquemare pensoit que l'action des eaux étoit assez considérable au Havre et dans toute la Manche pour changer le fond de la mer. Il di

tinguoit en conséquence deux fonds dans cette mer : l'un qu'il appeloit *permanent*, et qu'il regardoit comme le véritable fond ; et l'autre qu'il appeloit *changeant* (1).

D'Apres a étendu cette observation à toutes les mers (2).

Pour prouver leur opinion, ils disoient l'un et l'autre que les sondes jetées à différentes époques dans les mêmes endroits, apportoient des terreins différens. Les marins, ajoutent-ils, en avoient été induits en erreur pendant long-temps ; ils croyoient n'être plus dans le même lieu, voyant que la sonde ne rapportoit pas la même nature de terrein.

Ces deux auteurs prétendoient, au contraire, s'être bien assurés que la sonde, jetée à différentes époques dans le même endroit, apportoit souvent des terreins différens ; ce qu'ils attribuoient aux dépôts que les eaux charrient sans cesse. Ces nouveaux dépôts forment un fond factice, qui changeoit chaque fois que les eaux l'emportoient pour y apporter de nouvelles substances ; et cet effet avoit lieu, suivant eux, dans des mers très-profondes.

Il est certain que les eaux des mers charrient

(1) Journ. de Physiq. décembre 1775, page 438 ; et novembre 1781, page 395.

(2) Journ. de Physiq. octobre 1775, pag. 333.

des sables à d'assez grandes profondeurs, et beaucoup au-delà de 60 à 80 pieds.

Mais leur action est-elle assez puissante pour creuser le fond des mers à une certaine profondeur ? Rien ne le prouve. Leur principal effort est toujours à leur surface ; c'est là où le coup de la lame a une si grande force, comme on le voit journellement contre les jetées des ports. Elles ne les détériorent qu'à leurs sommets.

§. 1322. CEPENDANT on ne sauroit douter que, dans plusieurs circonstances, les courans des mers n'agissent à une profondeur beaucoup plus considérable. Les marées à Saint-Malo, et sur toute cette côte, montent jusqu'à 40 à 50 pieds ; or ce mouvement doit se communiquer au loin, et à une assez grande profondeur.

Les tempêtes et les gros temps, qui *souvent* élèvent les eaux sur la côte à une hauteur très-considérable, doivent y produire des courans assez considérables.

Nous avons vu que les feux soumarins soulèvent les flots à de grandes hauteurs, et les repoussent également très-loin du rivage (§. 1058) ; or ceci ne peut s'opérer sans qu'il ne soit excité de violens courans qui agitent les eaux à une très-grande profondeur.

DES FALAISES.

§. 1523. PAR falaises, on entend des montagnes scarpées qu'on rencontre sur les bords de la mer et des lacs, et qui sont coupées d'une manière plus ou moins verticale.

Toutes les côtes des mers profondes sont bordées de pareilles falaises, qui diminuent peu à peu, et sont remplacées par des côtes basses.

Les bords de la Méditerranée présentent un grand nombre de ces falaises élevées, dont quelques-unes ont jusqu'à quatre à cinq cents toises au-dessus du niveau des eaux. C'est ce qu'on observe du côté de Ceuta, d'Alger, de Gênes, de Nice, de Toulon..... Le rocher de Gibraltar n'est qu'une haute falaise.

Toute la côte du Pérou, sur la mer du Sud, est bordée de hautes falaises. Il y a peu de terres basses.

La plus grande partie des côtes orientales des îles de l'Archipel indien sont également garnies de falaises, plus ou moins élevées.....

Les montagnes de la Table, à l'extrémité de l'Afrique, doivent être regardées comme des falaises.

On retrouve au milieu des continens, sur-tout le long des grands fleuves, des montagnes éga-

lement coupées à pic à une hauteur plus ou moins considérable. On peut encore les regarder comme des falaises.

Si nous recherchons ce qui a produit ces falaises, nous verrons que les unes ont été les suites de l'action des lames des eaux des mers, les autres ont été l'effet d'autres causes que nous allons détailler.

Des falaises produites par cristallisation.

§. 1324. Plusieurs montagnes produites par cristallisation sont coupées presque verticalement. La face du Mont-Blanc, par exemple, qui regarde l'Italie, a environ seize cents toises d'élévation, à-peu-près perpendiculaire. Si elle se trouvoit sur les bords de la mer, elle seroit une immense falaise composée de terreins *primitifs*.

Le mont Ventoux, montagne secondaire, qui a plus de mille toises de hauteur, est un pic isolé au milieu d'une vaste plaine. Il formeroit donc également une falaise très-considérable, s'il se trouvoit sur les bords de la mer.

Or, on rencontre sur les bords des mers des falaises des montagnes secondaires, comme à Douvres, à Boulogne, à Gibraltar, sur la côte de Gênes.....

Il y en a d'autres de terreins primitifs, comme

à Toulon, et sur toute cette côte jusqu'au Var.....

Les unes et les autres ont pu être produites par cristallisation.

Des falaises produites par affaissement ou renversement des montagnes.

§. 1325. Des falaises ont encore pu être produites par les affaissemens des montagnes ou leurs renversemens, qui les auront coupés verticalement, ou à-peu-près verticalement, comme nous l'avons vu pour le rocher de Scilla en 1783 (§. 1250).

Des falaises produites par l'action des tremblemens de terre.

§. 1326. Les tremblemens de terre bouleversent des contrées entières, renversent des montagnes, en font affaisser d'autres, en soulèvent de troisièmes..... Ils produiront donc souvent des falaises.

Les feux souterrains doivent produire des effets encore plus considérables.

Des falaises produites par retraite.

§. 1327. La surface de la terre se refroidissant plus que son centre, la retraite aura dû y produire des fentes qui auront pu former des falaises.

Des falaises produites par l'action des eaux.

§. 1328. Mais toutes les falaises produites par les différentes causes dont nous venons de parler, sont ensuite exposées à l'action des eaux. Les lames de la mer viennent frapper contre des montagnes plus ou moins escarpées, et les dégradent par la base. Dans les tempêtes et les gros temps, les flots s'élèvent à une hauteur considérable et viennent se briser contre ces masses; ils en détachent sans cesse des parties.

Les pluies, les frimas, les gelées..... produisent le même effet.

Enfin, la montagne se trouve coupée à pic, ou presque verticalement; et lorsqu'elle est composée de parties peu cohérentes, elle s'écroule en partie dans la mer. C'est ce que l'on voit au Havre et sur toute cette côte, où les couches des montagnes sont souvent schisteuses, argileuses.... elles tombent par parcelles, et sont emportées par les flots.

§. 1329. On m'a observé que les flots de la mer n'ont point assez de force pour ronger ainsi leurs rivages; et pour le prouver, on rapporte un très-grand nombre de faits.

1°. On connoît plusieurs côtes très-anciennes

qui ne paroissent pas avoir changé depuis des siècles.....

2°. Des écueils, ou rochers à fleur d'eau, ou peu élevés au-dessus des eaux, sont aujourd'hui dans la même situation qu'ils avoient, suivant les plus anciens témoignages de l'histoire.

§. 1330. Je réponds que l'histoire ne date, pour ces faits, que d'environ deux mille ans : ce qui est peu pour d'aussi grands phénomènes.

Qu'il est d'ailleurs certain que plusieurs côtes sont rongées par les flots ; nous en avons des exemples journaliers sur toutes les côtes escarpées. Il suffira de citer toutes les côtes de France sur l'Océan, à Boulogne, au Havre, à Noirmoutier, à la Rochelle, à Rochefort..... par-tout ces côtes sont rongées et les falaises s'y dégradent. J'ai vu les falaises auprès du Havre se dégrader journellement par l'action de la lame.

Ces effets sont sur-tout sensibles dans les détroits resserrés où il y a de violens coups de mer. Il s'y forme des falaises très-escarpées. Le coup de la lame y a tant de force, qu'elle est capable d'enfoncer un vaisseau qui présente la poupe ou le flanc.

Néanmoins quelques rochers plus durs ont pu résister à cette violence des flots, tels sont les écueils dont on parle ; mais ce sont des excep-

tions qui ne sauroient détruire un fait général.

Les flots agiront donc contre toutes les côtes rapides qui bordent les mers, en dégraderont les bases, et les feront ébouler.

§. 1331. CETTE vérité est connue depuis long-temps. Aussi les habiles architectes qui dirigent les constructions des digues qu'on oppose à l'invasion des flots, ont-ils bien soin d'avertir de construire ces digues en pente douce, au lieu de leur donner une position verticale. La lame se brise contre le terrein qui a beaucoup de talus; son effort divisé est foible; elle y apporte même des sables, des galets, et exhausse ainsi le sol.

Au contraire, lorsque la digue est verticale, ou à-peu-près, la lame exerce toute sa force contre cet obstacle, et l'a bientôt entamée ou renversée. On sait avec quel effort elle agit contre les *jetées* qui sont dans les ports, et qu'elle est bientôt venue à bout de les entamer, quelque solidité qu'on leur donne.

Elle a renversé les cônes de Cherbourg, malgré tous les efforts de l'art pour les mettre à même de résister à ses coups.

§. 1332. LA mer en rongeant ainsi ceux de ses bords qui sont escarpés, s'avancera dans les terres, tandis qu'elle s'éloignera sur les côtes basses, où

elle forme des atterrissemens par les sables et les galets qu'elle y apporte. C'est ainsi qu'elle paroît s'éloigner sur toutes les côtes de la Hollande, à Dunkerque, à Calais..... où la plage est plate, et s'avancer du côté du Havre, où il y a des monticules que les flots dégradent sensiblement.

Dans des détroits resserrés, tels que le Pas-de-Calais, le détroit de Gibraltar, celui de Messine, le canal de Bahama..... les flots en rongeront les rives, et élargiront ainsi ces gorges. Au détroit de Messine, les eaux ont dégradé la côte jusques un peu au-dessous de leur niveau. Des bancs plus solides ont résisté, et forment des bas-fonds contre lesquels la lame vient se briser avec force, et forme une espèce de *cliquetis singulier*, qui a été l'origine de toutes les fables qu'on a débitées sur les *syrènes*, le gouffre de Carybde et de Scylla.

Supposons ensuite que les mers se retirent et laissent à découvert ces détroits, on aura une vallée qui aura été changée par l'action des eaux.

Il aura pu arriver que quelques vallées aient été excavées et creusées par la même cause. Des flots soulevés avec force par l'action des vents ou par celle des feux soumarins, auront pu sillonner des côtes plates et y creuser des vallées.

Comme la lame a toujours beaucoup plus de

force à sa surface qu'à une certaine profondeur, son action sera plus puissante dans les bras des mers, dans les anses, dans les embouchures des rivières..... elle y attaquera avec force les côtes escarpées.

Des falaises des continens.

§. 1333. On retrouve dans l'intérieur des terres, dans le centre des continens, au milieu des grandes chaînes de montagnes, plusieurs falaises semblables à celles que nous venons de voir sur les bords des mers. Ce sont également des montagnes plus ou moins élevées, et coupées plus ou moins verticalement.

Ces falaises des continens ont pu être produites par les mêmes causes que celles qui sont sur les bords des mers :

1°. Par cristallisation,
2°. Par des affaissemens,
3°. Par des soulèvemens,
4°. Par des retraites,
5°. Par l'action des eaux.

§. 1334. L'observateur distinguera dans plusieurs de ces falaises l'action de ces différentes causes. Il y reconnoîtra même souvent l'impression des lames ou des flots, qui les ont rongées à différentes hauteurs.

Ces effets sont très-visibles dans plusieurs endroits du Jura. J'en ai vu des marques très-sensibles dans la vallée où coule la rivière d'Ain.

On voit en Dauphiné, dit *Bernard de Jussieu* (*Mém. de l'Académie des Sciences de Paris, année 1718*), entre Gap et Sisteron, certaines montagnes où les vestiges du décroissement des eaux de la mer sont marqués par des amphithéâtres, dont les degrés augmentent en largeur, à mesure qu'ils approchent du pied de la montagne.

§. 1335. Les eaux, dans les grands lacs, produiront les mêmes effets que celles des mers.

Mais quelques-uns de ces lacs, situés dans des montagnes élevées, auront pu s'écouler subitement. Leurs eaux, ayant acquis une grande vîtesse et une grande force, rongeront les bords des vallées qu'elles traverseront, et y formeront des falaises.

Cet effet sera encore plus considérable s'il se trouve plusieurs lacs les uns au-dessus des autres, et que la digue du plus élevé se brise la première. Elle causera la rupture de celles des autres, comme *Sulzert* soupçonne que cela est arrivé dans les montagnes de l'Hyrcinie.

§. 1336. Les grandes rivières, les grands fleu-

ves coopèrent souvent à l'agrandissement des falaises commencées sur les bords des mers. Lorsque ces eaux courantes viennent frapper avec rapidité contre une butte élevée, elles la coupent peu à peu par la base, qui se mine, et enfin devient une vraie falaise, que les pluies, les frimas, les gelées achèvent de dégrader.

Si ces falaises formées par les fleuves se trouvent près leur embouchure dans la mer ou dans des lacs, pour lors les eaux, en refluant dans la rivère lors des marées et des gros temps, augmenteront encore cette falaise.

La rivière Angara, qui sort du lac ou mer Baïkal, a 900 toises de largeur à sa sortie de ce lac immense. Elle a coupé le terrein à une profondeur de 20 toises environ. On voit des deux côtés du terrein les mêmes couches; on y distingue surtout huit couches de charbon de deux à trois *pieds* d'épaisseur. On ne peut donc douter que ces falaises ne soient formées par les eaux sortant de ce lac par l'Angara.

La même chose a lieu dans les canaux de débouchement de tous les grands lacs.

§. 1337. Les falaises qu'on observe au milieu des continens auront donc été commencées ordinairement, *a* par cristallisation, *b* par retraite, *c* par soulèvement, *d* ou par affaissement.

Elles auront ensuite été altérées,

1°. Par les flots de la mer, tandis qu'elles oient dans son sein ou sur ses bords.

2°. Par ces mêmes eaux de la mer qui s'étenent dans les golfes, dans les détroits, le long des allées et des rivières, qui y coulent.

3°. Par les eaux courantes, telles que celles es fleuves.

4°. Par l'action des frimas.

5°. Quelques-unes ont pu être augmentées ar des débacles de lacs élevés, qui, ayant rompu eurs digues subitement, se sont écoulées avec grande impétuosité.

6°. L'action des feux souterrains et des tremblemens de terre, en bouleversant des contrées entières, auront encore produit un grand nombre de falaises.

7°. Des affaissemens ou renversemens de montagnes auront formé plusieurs falaises.

C'est par le concours de ces différentes causes, qu'on expliquera l'origine de ces falaises nombreuses qu'on observe de toutes parts....

FIN DU TOME QUATRIÈME.

ERRATA.

Page 14, lig. 2 : rotation de la terre, *lisez* nutation de la terre.

Page 16, lig. 12 : treize fois, *lisez* trois fois.

Page 75, lig. 9 : pierres homogènes composées, *ajoutez*, de plusieurs terres, et d'un

Page 110, lig. 14 : cristallisation, *lisez* volatilisation.

Page 157, lig. 26 : sulfures, *lisez* sulfates.

Page 180, lig. 1 : d'accroissemens, *lisez* d'atterrissemens.

Page 187, lig. 15 : surchargés, *lisez* mélangés.

Page 188, lig. 16 : substances salées, *lisez* substances salines.

Page 427, lig. 2 : une suite, *lisez* une fente.

JUN 17 1936